Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

Oktober
10 / 2006
€ 6,50 / sFr 12,50

25 JAHRE SHUTTLE

TEIL 2 unserer Raumfahrtserie – Der Jungfernflug der Columbia

REFORM IM SONNENSYSTEM

Nur noch acht Planeten!
Pluto wurde »Zwergplanet«

PIONEER-SONDEN ZU LANGSAM

Stimmen die Gesetze der Schwerkraft?

60463

ABENTEUER RAUMFAHRT. AUFBRUCH INS WELTALL

Exklusiv: das offizielle Begleitheft
zur Großen Landesausstellung in Mannheim

4 196046 306506 10

Oliver Dreissigacker
Redaktionsleiter

Aus neun mach acht!

Liebe Leserinnen und Leser, da rede noch einmal jemand vom Sommerloch! Eine Meldung erster Kategorie bescherten uns Ende August die Delegierten der 26. Vollversammlung der Internationalen Astronomischen Union (IAU) in Prag. Denn dort wurde am 24. August 2006 eine neue wissenschaftliche Definition des Begriffs Planet verabschiedet. Danach laufen drei Gruppen von Körpern um die Sonne: Planeten, Zwergplaneten und Kleinkörper.

Als Planeten gelten alle Himmelskörper, die in einer kreisnahen Bahn einen Zentralstern umrunden, auf Grund ihrer Masse selbst rund sind und ihre Umlaufbahn von anderem kosmischen Material freigeräumt haben. Das trifft auf die acht, schon vor dem 20. Jahrhundert entdeckten Planeten von Merkur bis Neptun zu. Am härtesten trifft die mit überwältigender Mehrheit gefasste Entscheidung den 1930 entdeckten Pluto. Dieser gilt ab sofort, zusammen mit Ceres, seinem Mond Charon und dem Kuiper-Gürtel-Objekt 2003 UB313 (Xena) als Zwergplanet. Einen Gegenvorschlag, auch diese kleineren Körper als Planeten zu bezeichnen, lehnte die Mehrheit der in Prag versammelten Astronomen ab (s. Astronews, S. 8/9).

Fast unbemerkt in all dem Trubel begann in Florida der Count-down für den Start der Raumfähre Atlantis. Nach den beiden Return-to-Flight-Missionen der Discovery ist dies nun der Return-to-Assembly, die Rückkehr zum Ausbau der Internationalen Raumstation. Anlässlich des 25-jährigen Jubiläums des ersten Shuttleflugs lassen wir diesen ab S. 30 Revue passieren.

Und noch ein Drittes – in eigener Sache: Die Webseiten aller Magazine des Spektrum-Verlags bekommen eine neues Gesicht und werden künftig mit einer Menge neuer Zusatzfunktionen aufwarten. Besonders hervorheben möchte ich den erweiterten Nachrichtenbereich, den Blog und den KOSMOpod. Hinter Letzterem verbirgt sich ein Podcast, den die Kollegen unserer Schwesterzeitschrift Sterne und Weltraum zusammen mit uns produzieren. Die ersten drei Folgen können Sie bereits auf www.astronomie-heute.de oder www.kosmopod.de als MP3-Datei herunterladen oder über das Programm iTunes abonnieren.

Damit Sie nicht verpassen, wenn es etwas Neues auf unserer Webseite gibt, haben wir einen RSS-Feed eingerichtet. So werden Sie über neue Nachrichten, Blog-Einträge, KOSMOpod-Folgen oder die Ankündigung der nächsten Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE sofort informiert – und sind näher dran …

Herzlichst, Ihr

Darf's ein bisschen mehr AH sein? Von der Startseite aus (oben) kommen Sie mit einem Klick zu Leserbriefen, Blog oder Nachrichten (Mitte und unten).

INHALT

WISSEN

▶ **Astro News** 8
Astronomen debattieren über den Begriff Planet, Europameister im All, Jupiters Rote Flecken u. a.

Die Ersten Sterne 14
Wahre Megasonnen tauchten das junge Universum in gleißendes Licht

▶ **Mysteriöser Flug** 20
Forscher rätseln, warum die Pioneer-Sonden langsamer sind als erwartet

Jupiter, Merkur & Mars 26
Vom wandernden Frühlingspunkt und einem seltenen Planetentreffen

▶ **Start frei für den Shuttle** 30
Seit einem Vierteljahrhundert das Rückgrat der US-Raumfahrt

BEOBACHTUNG

Deep Sky 36
Messiers Spuren rund um Pegasus

Planetarium 38
Sternbilder in allen Größen

Sterntafel 40
Der mitternächtliche Sternhimmel in der Übersicht

Feldstechertipp 42
Nicht verpassen: Collinder 399 – der berühmte Kleiderbügel

nach S. 42

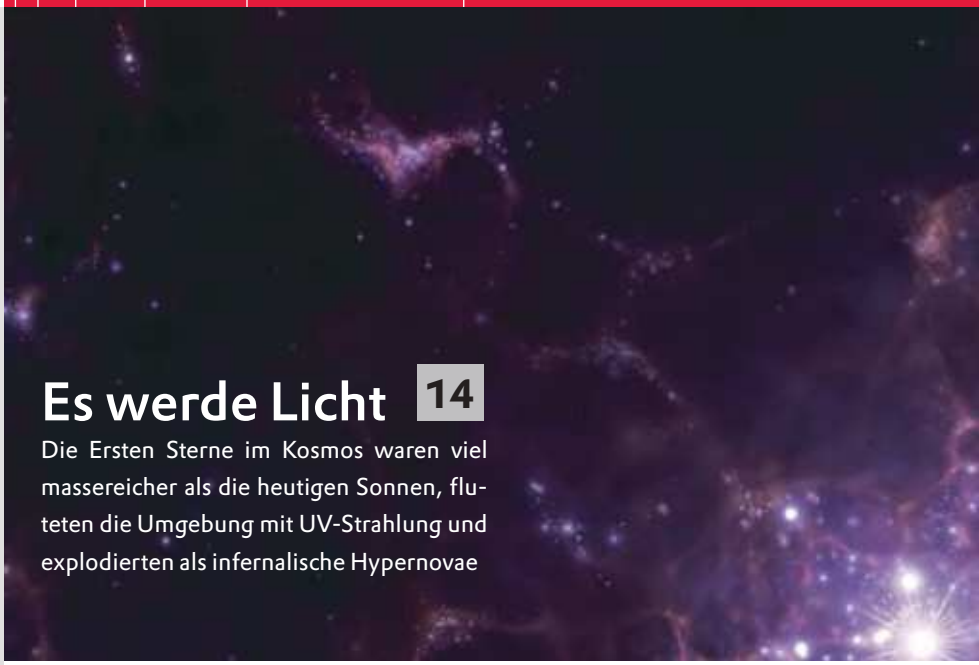
SONDERTEIL

▶ **Aufbruch ins Weltall**
Das Begleitheft zur Großen Landesausstellung »Abenteuer Raumfahrt. Aufbruch ins Weltall« in Mannheim

SZENE

Kippenhahns Sternstunde 44
Edwin Hubbles rechte Hand: Milton Humason

Unterwegs 46
Das Mondfahrzeug-Rennen der Nasa in Huntsville, Alabama



Es werde Licht 14

Die Ersten Sterne im Kosmos waren viel massereicher als die heutigen Sonnen, fluteten die Umgebung mit UV-Strahlung und explodierten als infernalische Hypernovae

NASA

25 Jahre Spaceshuttle Der Start der Columbia läutete 1981 ein neues Kapitel in der bemannten Raumfahrt ein, das bis heute andauert

Pioneer-Anomalie

Die beiden Raumsonden durchkreuzen die äußeren Regionen des Sonnensystems. Doch irgendeine geheimnisvolle Kraft bremst sie ab. Stimmt etwas nicht mit den Gesetzen der Schwerkraft?

NASA, ARC

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Jupiter & Co. 26

Auf der Tierkreis-Safari sind wir am Frühlingspunkt angelangt – der schon eine Weile nicht mehr im Widder liegt

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

ILLUSTRATION: S & T, CASEY REED

SONDERTEIL
nach S. 42

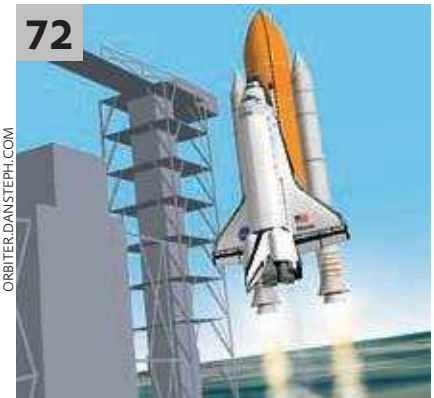
Raumfahrt im Museum

Vom 28. September 2006 bis zum 9. April 2007 ist die Große Sonderausstellung des Landes Baden-Württemberg »Abenteuer Raumfahrt. Aufbruch ins Weltall« im Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim zu Gast. Das Begleitheft zur Ausstellung finden Sie in der Heftmitte von ASTRONOMIE HEUTE

Stoß-mich-zieh-dich

Schüler und Studenten lassen sich bei der Konstruktion von Mondbuggys etwas einfallen, denn Geländegängigkeit ist beim Nasa-Rennen ein Muss. AH-Leser Stephan Günther war dabei

STEPHAN GÜNTHER



ORBITER.DANSTEPH.COM

Spritztour ins Sonnensystem

Das Computerprogramm Orbiter lässt Sie selbst zu den Sternen fliegen – mit realistischen Flugmanövern echter und fiktiver Raumschiffe

TIPPS

Astrofotografie 51
Wie eine Sonnenfinsternis ins Internet kommt

AH-Junior 54
Sonja und Lunic fliegen zum Mars

Teleskoptechnik 60
Gesucht und gefunden – mit Leuchtpunkt zum Ziel

Glanzlichter 68
Die schönsten Urlaubsbilder

Hochglanz 71
So polieren Sie Ihre Astrobilder auf

Screenshot 72
Orbiter bietet eine realistische Raumfahrtsimulation

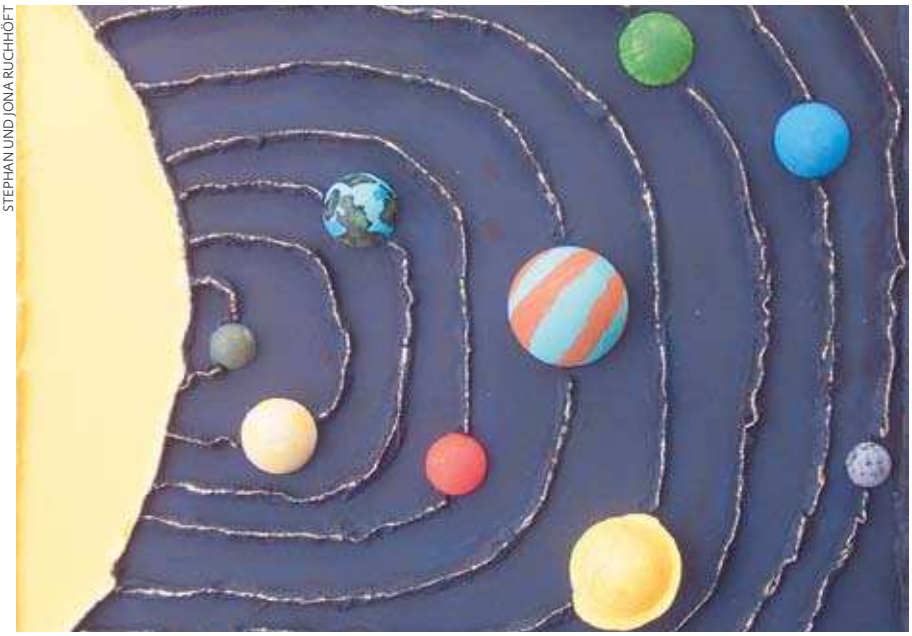
Bücher 76
Moonscout, neuer Sternführer und die Neuauflage eines Klassikers

TV & Events 78
Fernsehtipps und Veranstaltungen

3 Editorial • 6 Leserbriefe / Leser fragen – Experten antworten • 80 Preisrätsel • 81 Astromarkt • 82 Vorschau / Impressum

Titelbild: Der Spaceshuttle auf der Startrampe – so beginnen seit einem Vierteljahrhundert die bemannten Raumfahrtmissionen der Nasa

Corbis / Nasa, KSC



STEPHAN UND JONA RUCHHÖFT

Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unsere neun Planeten … Unser Leser Stephan Ruchhöft bastelte mit seinem Sohn Jona das Sonnensystem, wie es zurzeit noch in den Lehrbüchern steht.

Selbst gemacht

Um meinem Sohn Jona unser Sonnensystem näher zu bringen und zu erklären, haben wir zusammen gebastelt und auf einer Leinwand alle Planeten sowie ihre Umlaufbahnen auf künstlerische Weise dargestellt, wenn auch nicht ganz maßstabsgetreu.

Stephan und Jona Ruchhöft, Elmshorn

Urknall doch überflüssig?

»Leser fragen – Experten antworten« AH 9/2006, S. 7

Die interessante These von Volker Gaibler, zusammengefasst in seinem Schlusssatz, lautet: »Es gibt keine Bewegung (der Galaxien), nur der Raum expandiert.« Konsequent zu Ende gedacht bedeutet dies, dass im Prinzip auch kein Urknall zur Erklärung unserer Welt erforderlich ist. Galaxien – ohne Bewegung von uns weg – sind einfach da und werden immer da sein. Basta. Und der Raum mag sich ausdehnen, solange er will!

Hans Dieterle, Steinach

Antwort der Redaktion:
Mit dieser Schlussbemerkung wollte der Autor sagen, dass die Galaxien netto keine Eigenbewegung vom »Ort des Urknalls« weg haben wie etwa die Überreste einer Supernova oder ein Planetarischer Nebel in Bezug auf die Position des Vorgängersterns.

Würde der Raum selbst nicht expandieren, hätten die Galaxien alle nur (langsame) Eigenbewegungen. Diese wären statistisch so verteilt, dass sich genau die gleiche Anzahl von Galaxien auf uns zu- beziehungsweise von uns wegbewegen würde – von rein lokalen Effekten wie einem Großen Attraktor und den Bewegungen innerhalb der Lokalen Gruppe oder des Lokalen Superhaufens natürlich abgesehen.

Insofern kann tatsächlich nur das Urknallmodell die von Edwin Hubble gefundene Galaxienflucht erklären, die somit eigentlich eine »Raumflucht« ist. Aber den leeren Raum sieht man eben nicht, nur die Galaxien, die er bei seiner Expansion mitnimmt.

Kein Überblick mehr

Ich habe eine Frage zu den Gasplaneten. Durch die Erforschung dieser Himmelskörper mit verschiedenen Sonden wurden in den letzten Jahren mehr und mehr Monde entdeckt, sodass man den Überblick verliert. Ist es möglich zu sagen, wie viele Monde jeder Planet besitzt?

Werner Schönleber, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Es gibt ein paar Internet-Seiten mit »offiziellem« Charakter, die aber allesamt nicht auf dem neuesten Stand sind. Da wäre zum einen cfa-www.harvard.edu/iau/NatSats/NaturalSatellites.html und zum anderen nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/joviansatfact.html zu nennen. Eine anscheinend vollständige (wenn auch nicht ganz so offizielle) Quelle finden Sie unter www.ifa.hawaii.edu/%7Esheppard/satellites/.

Knapp daneben

»Gibt es Quarksterne?«, AH 9/2006, S. 12

Bei der Bildunterschrift auf S. 16 unten hatte der Autor wohl einen kleinen Aussetzer: Ein Quart ist natürlich nie im Leben ein Viertelliter (Bier), sondern eine viertel englische Gallone. Dies entspricht 1,136 Liter.

Wer James Joyce kennt, weiß, dass dieser sich nie mit »Schnapsglasmengen« abgegeben hätte. Und metrische Maße waren in den Pubs von Dublin damals völlig unbekannt.

Dr. Manfred Bühner, Würzburg

Wer ist Herr Einstein?

»Vorschau«, AH 9/2006, S. 82

Beim Betrachten des Fotos auf S. 82 dachte ich, Herr Einstein sei der dritte und nicht der zweite von rechts.

Klaus-J. Woyczehowski, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Beim Ersetzen des ursprünglichen Fotos hat sich der Bildausschnitt vergrößert. Dadurch kam auf der rechten Seite eine weitere Person mit dazu, die im Text leider nicht mehr berücksichtigt wurde.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

»Leser fragen – Experten antworten«

Wie berechnet man die Rotationsgeschwindigkeit von Pulsaren bei deren Entstehung, um durch Nachlassen derselben ihr Alter feststellen zu können?

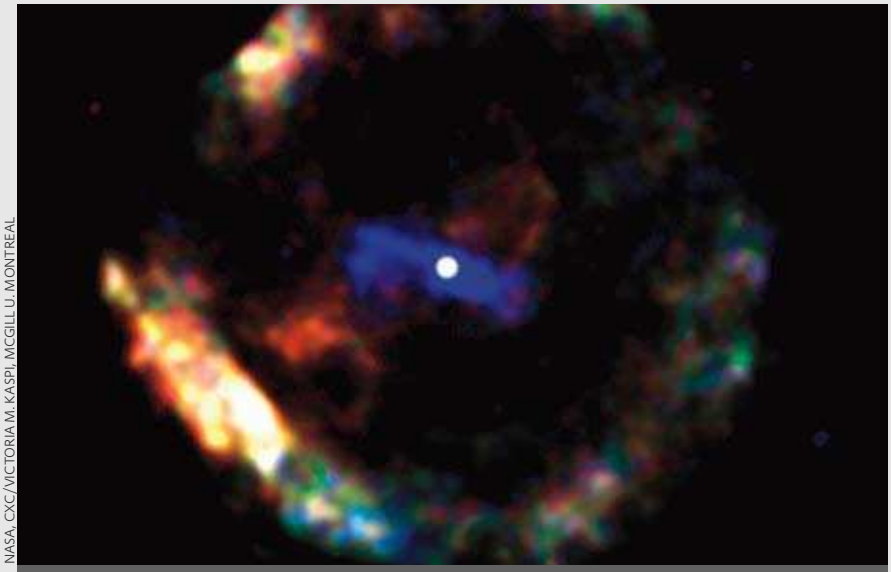
Dr. Guillermo Tenenbaum, Mendoza, Argentinien

Pulsare sind rotierende Neutronensterne mit einem magnetischen Dipolfeld, die charakteristische, periodisch variierende Radiosignale abstrahlen. Sie entstehen als kompakte Überreste von massereichen Sternen, wenn diese in einer Supernova-Explosion ihr Leben beenden. Der berühmteste Überrest eines solchen Ereignisses ist der Krebsnebel (M 1) mit dem Krebspulsar.

Durch elektrische Felder in ihrer Umgebung beschleunigen Pulsare geladene Teilchen auf sehr hohe Geschwindigkeiten. Der dabei auftretende Drehimpuls- und Energieverlust bremst kontinuierlich die Rotation des Neutronensterns und führt zu einer Zunahme seiner Rotationsperiode. Durch Messung der Pulsperiode P (und damit der Rotationsdauer) sowie der Rate $\dot{P} = dP/dt$, mit der die Pulsperiode zeitlich zunimmt, kann man eine charakteristische Zeit berechnen, die man Dipolalter nennt und die sich als die Hälfte des Verhältnisses von Pulsarperiode und Periodenveränderung ergibt. Sie ist ein gutes Maß für das Alter des Neutronensterns, falls seine anfängliche Rotationsperiode sehr viel kürzer als die augenblickliche Umdrehungsdauer ist. Umgekehrt kann man aus dem Abbremsgesetz und P und $\dot{P}$ die anfängliche Rotationsgeschwindigkeit ableiten, wenn man das Alter des Neutronensterns kennt. Letzteres kann durch historische Dokumente bekannt sein, wie etwa im Fall des Krebspulsars, oder es kann näherungsweise durch Rückrechnung aus der Expansionsbewegung des gasförmigen Supernova-Überrests bestimmt werden.

Beide Größen – Alter und anfängliche Rotationsgeschwindigkeit – lassen sich aus der Messung von P und $\dot{P}$ aber nicht gleichzeitig berechnen. Daher weiß man bis heute nur sehr wenig über die Rotation von Neutronensternen bei ihrer Entstehung. Modelle der Sternentwicklung sind in diesem Punkt sehr unsicher und liefern keine endgültigen Aussagen. **>> Hans-Thomas Janka**

Der Autor erforscht Sternexplosionen und die Entstehung von Pulsaren am MPI für Astrophysik in Garching.



NASA, CXC/VICTORIA M. KASPI, MCGILL U. MONTREAL

Chandras Röntgenaugen fanden einen Pulsar im Supernova-Überrest G11.2-0.3.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

Spektrum DER WISSENSCHAFT

Einen Stein der Weisen können wir Ihnen nicht bieten …

… dafür aber den Pappaufsteller Einstein als Inspirationsquelle für Ihr Arbeitszimmer. Der faltbare Aufsteller besitzt mit den Maßen 160 × 55 cm fast Körpergröße. Preis: € 34,50 (zzgl. Versand). Eine Bestellmöglichkeit finden Sie unter

www.spektrum.de/lesershop

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT Verlagsgesellschaft mbH
Leserservice | Slevogtstr. 3–5 | D-69126 Heidelberg | Tel.: 06221 9126-743 | Fax: 06221 9126-751 | service@spektrum.com

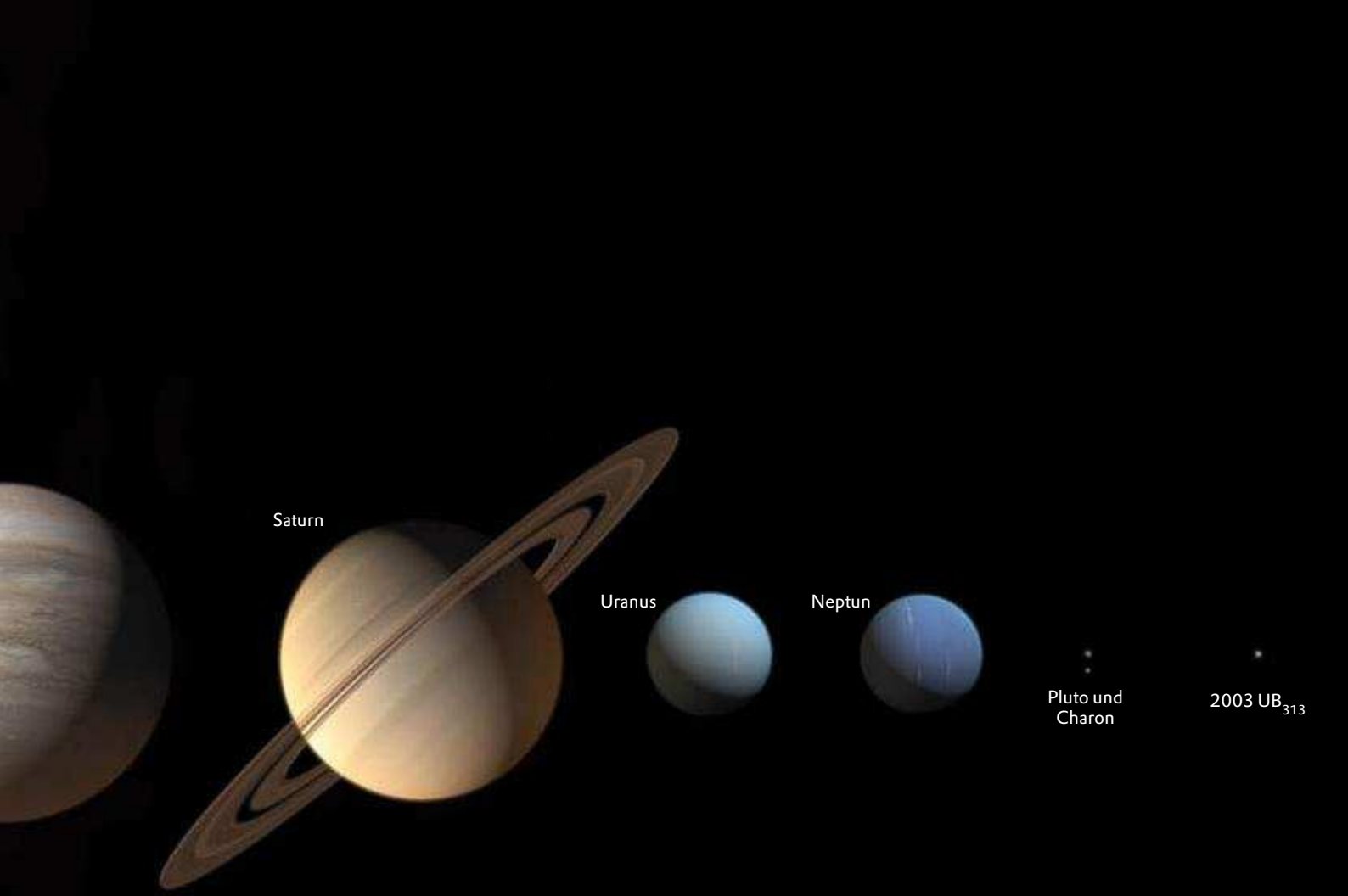
REFORM DES SONNENSYSTEMS

Zwölf Planeten? Von wegen!

Die Mitglieder der Internationalen Astronomischen Union (IAU) stimmten am 24.8. in Prag gegen einen Vorschlag des Vorstandskomitees. Dieser sollte den Begriff Planet von den neun bisherigen ausdehnen auf Ceres, Charon und 2003 UB_{313} (Spitzname: Xena, großes Bild).Danach hätte unser Planetenklub zwölf Mitglieder und ebenso viele Anwärter gehabt.

Die Astronomen-Basis war jedoch dagegen. In fast tumultartigen Diskussionen wurde mehrere Tage lang beraten. Das Ergebnis des abschließenden Wahlgangs: Pluto bekommt seinen Status aberkannt. Er zählt nun wie Ceres und UB-313 als Zwergplanet und gilt als Prototyp der Trans-Neptun- oder Kuipergürtel-Objekte (TNOs beziehungsweise KBOs; siehe »Planet X«, AH 10/2005, S. 20), zu denen auch UB-313 gehört. Auch der Plutomond Charon wird nicht wie geplant aufgewertet, sondern rangiert nach wie vor als Satellit.

Das Manko der Zwerge gegenüber der »Premier League«: Sie haben ihre Umgebung nicht von ähnlich großen Körpern freigeräumt – ein, wie viele Wissenschaftler bemängeln, schwammiges Kriterium, das insbesondere bei Exoplaneten schwer zu überprüfen ist. Das Ganze scheint daher noch nicht zur allgemeinen Zufriedenheit geklärt sein und könnte bei der nächsten IAU-Versammlung 2009 wieder auf der Tagesordnung stehen. <<



DIESE DOPPELSEITE: IAU, MARTIN KORNMESSER

»Mein Vater erklärt mir …
jeden Sonntag unseren Nachthimmel« – so könnte der neue Merkspruch für die verbliebenden acht Planeten lauten. Denn Pluto gilt nicht mehr als Planet – zusammen mit den größten Objekten des Kuiper-Gürtels und Asteroiden wird er nun zur neuen Gruppe der »Zwergplaneten« gezählt.

ISS-MISSION »ASTROLAB«

Europameister im All

Esa-Astronaut Thomas Reiter wurde für seine lange Wartezeit auf den Shuttleflug zur Internationalen Raumstation mit zwei Goldmedaillen entschädigt. Bereits bei der Euromir-Mission hatte er zwei Weltraumspaziergänge absolviert. Nach seinem ISS-Außenbordeinsatz kommt er nun auf eine Gesamtdauer von 14 Stunden 16 Minuten außer Haus – neuer Europarekord!

Nur einen Tag später, am 4. August, dreißig Tage nachdem Reiter auf der ISS ankam, stellte er einen weiteren Rekord ein: Mit 209 Tagen, 12 Stunden, 25 Minuten und 11 Sekunden im All verwies er seinen französischen Kollegen Jean-Pierre Haigneré auf Platz zwei.

Jean-Jacques Dordain, Esa-Generaldirektor und ein Landsmann Haignerés, gab sich als Sportsmann und sandte eine Glückwunschnachricht an Reiter, der bis Dezember 2006 an Bord der ISS bleiben soll. »Am Ende Ihrer Mission werden Sie insgesamt ein Jahr im All verbracht haben. Mit dieser bedeutenden Expertise und Erfahrung symbolisieren Sie – als unser ›höchstgeflogener‹ Kollege – Europas Engagement für die Raumfahrt«, so Dordain.

Die Astrolab-Mission auf der ISS ist Reiters zweiter Langzeitaufenthalt im All.

ESA

Von September 1995 bis Februar 1996 war der Testpilot der Luftwaffe Bordingenieur der europäisch-russischen Euromir-95-Mission zur Raumstation Mir, zusammen mit seinen russischen Kollegen Juri Gidsenko und Sergej Awdejew. <<

Reiter hat gut lachen Der 48-Jährige bewarb sich 1989 für die zweite Astronautengruppe der Esa und wurde 1992 mit fünf Kollegen Korpsmitglied. Anfang 1995 wurde er für den Flug zur Mir ausgewählt.

STÜRME AUF JUPITER

Passage der Roten Flecken

GEMINI OBS. / AURA

Eine neue Infrarotaufnahme des Gemini-Nord-Teleskops auf Hawaii zeigt den lange bekannten großen Wirbelsturm in der Atmosphäre des Jupiters und seinen kleinen Cousin, den Roten Fleck jr. (im Infrarotbild beide weiß).

»Oval BA«, so Juniors offizielle Bezeichnung, hatte sich im Frühjahr unerwartet aus drei kleineren, weißen Hurrikanen gebildet und anschließend rot gefärbt (AH 9/2006, S. 38). Vermutlich war er erst nach der Fusion stark genug, um Gas aus tieferen Atmosphärenschichten nach oben zu wirbeln und so die charakteristische Färbung anzunehmen.

Durch die differenzielle Rotation haben die beiden Flecken derzeit dieselbe Länge auf dem Jupiter-Globus. Es ist unklar, ob der große den kleineren jetzt in einen Jetstream drückt, der durch seine Strömung den Wirbel verlangsamt. Dadurch könnte die rote Färbung buchstäblich vom Winde verweht werden.

Leider nähert sich der Gasplanet immer mehr seiner Konjunktion – Beobachtungen vom Erdboden aus werden also zunehmend schwieriger. <<

Seit sechs Monaten hat Jupiter einen zweiten Roten Fleck. Der Amateurastronom Christopher Go bemerkte die Färbung als Erster. Seitdem richten auch die Profis ihre Riesenteleskope häufiger auf den Gasgiganten.

STERNENTSTEHUNG

Weniger Sterne als vermutet

Neue Infrarotaufnahmen des Weltraumteleskops Spitzer zeigen, dass wahrscheinlich weniger junge Sonnen in Sternhaufen entstehen als bisher angenommen.

Thomas Megeath von der University of Toledo im US-Bundesstaat Ohio und sein Team untersuchten unter anderem M 42 im Sternbild Orion (Foto). Dabei entdeckten sie fast 2300 junge Sterne, die mit einer Scheibe aus Gas und Staub umgeben sind. Aus dieser werden sich mit der Zeit vielleicht Planeten bilden. Damit besitzen bis zu siebzig Prozent der Gestirne im Orion-Wolkenkomplex eine protoplanetare Scheibe. Die Wissenschaftler fanden heraus, dass nur etwa sechzig Prozent dieser Sterne in Haufen liegen, die jeweils Hunderte von jungen Sternen enthalten. Etwa 15 Prozent sind hingegen in Assoziationen von nur wenigen Sternen entstanden und 25 Prozent sogar isoliert.

Bislang gingen Astronomen davon aus, dass sich bis zu neunzig Prozent der jungen Sonnen in Sternhaufen befinden.

Der Orion-Wolkenkomplex ist eine Ansammlung von interstellaren Gaswolken, zu denen auch M 42 gehört (siehe »Der große Orionnebel«, AH 12/2005, S. 44), der 1450 Lichtjahre von der Erde entfernt liegt und sich über 240 Lichtjahre erstreckt. Er gilt als eines der aktivsten Sternentstehungsgebiete.

Die neuen Daten tragen womöglich auch dazu bei festzustellen, ob sich unsere eigene Sonne in einem Sternhaufen bildete. Sterne bewegen sich im Lauf ihrer Entwicklung von ihrem Geburtsort fort, sodass es schwierig ist, ihren genauen Ursprungsort auszumachen. <<

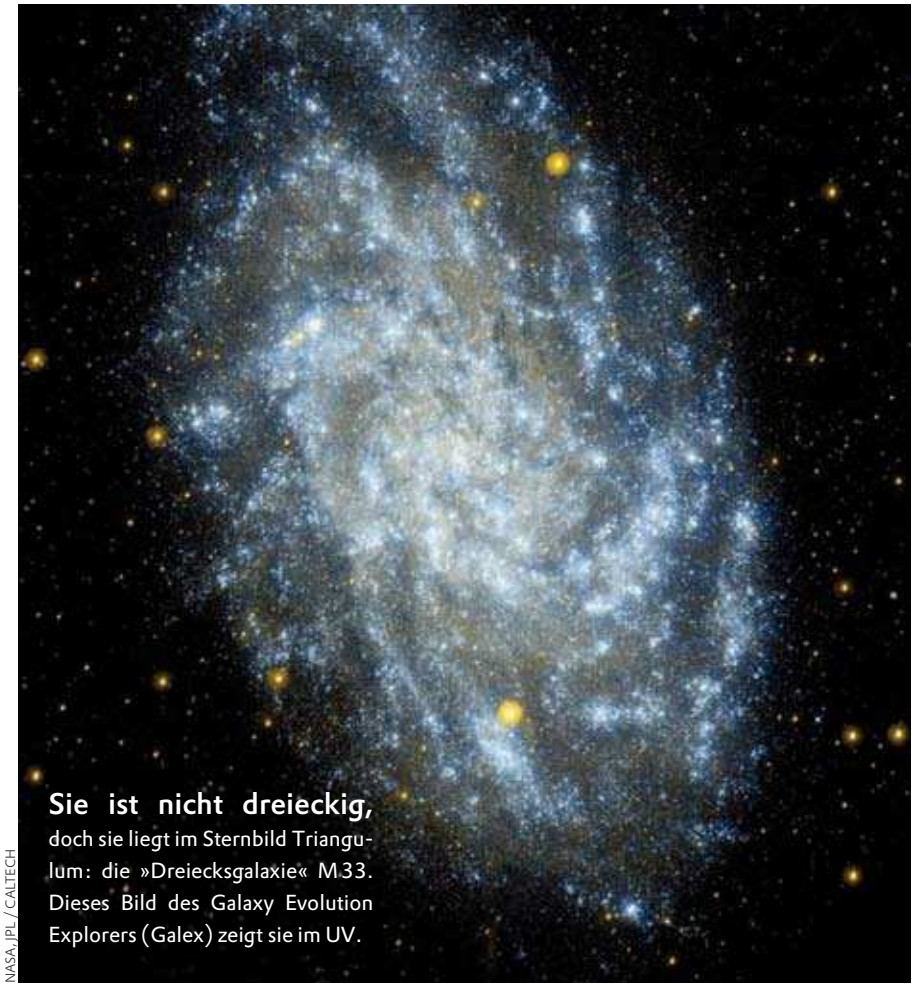
NASA, SSC

Röntgenblick mit Infrarot

Wo Staub den Blick im Optischen versperrt, können Astronomen nur bei anderen Wellenlängen den Dingen auf den Grund gehen. Diese Aufnahme von M 42 misst etwa 1,5 mal 0,7 Grad.

HUBBLE-KONSTANTE

Kleiner als gedacht oder doch nicht?



NASA, JPL / CALTECH

Sie ist nicht dreieckig, doch sie liegt im Sternbild Triangulum: die »Dreiecksgalaxie« M 33. Dieses Bild des Galaxy Evolution Explorers (Galex) zeigt sie im UV.

Alceste Bonanos rüttelte mit einem Ergebnis ihrer Doktorarbeit die Fachwelt auf: Untersuchungen von Bedeckungsveränderlichen in der Spiralgalaxie M 33 (Foto oben) ergeben für deren Entfernung einen Wert von drei Millionen Lichtjahren – 15 Prozent mehr als bisher angenommen.

Die dabei angewandte Methode ist neu, geht auf den renommierten Princeton-Astronomen Bohdan Paczynski zurück und wurde von Bonanos' Doktorvater Krzysztof Stanek am Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA) ausgearbeitet. Zahlreiche Wissenschaftler – darunter auch deutsche – steuerten Beobachtungsdaten bei.

Die Konsequenzen sind wahrlich weit reichend: Auch der bisher angenommene Wert der Hubble-Konstanten – ein Maß für kosmologische Entfernungen – wäre um 15 Prozent falsch und das Universum letztendlich älter als gedacht.

Neue Messungen des Nasa-Röntgenobservatoriums Chandra unter der Regie von Max Bonamente vom Marshall Space Flight Center der Nasa (MSFC) beruhigen jedoch die Konservativen: In 38 Galaxienhaufen wurde das heiße Gas darin untersucht, was im Zusammenspiel mit Radiobeobachtungen Rückschlüsse auf den Sunjajew-Seldowitsch-Effekt ermöglicht. Dieser beschreibt, wie Lichtteilchen des Kosmischen Mikrowellenhintergrunds von den energiereichen Elektronen des heißen Gases zu höheren Frequenzen »geschubst« werden.

Das Ergebnis steht völlig im Einklang mit dem Wert der Hubble-Konstanten, wie sie zahlreiche andere Verfahren ergeben: 76,9 Kilometer pro Sekunde pro Megaparsec Entfernung. Als Alter des Universums gilt weiterhin mehr als 13 Milliarden Jahre – und Bonanos und Co. müssen nach einem Fehler in ihrer Methode suchen. <<

FRÜHES UNIVERSUM

Zu wenig Lithium?

Eine merkliche Menge des dritten Elements im Periodensystem der Elemente entstand während des Urknalls – so die Theorie. Doch der Anteil, den die Beobachter in alten Sterne bisher fanden, ist zu niedrig. Jetzt scheint das Problem aber gelöst.

Wissenschaftler um Andreas Korn von der Uppsala Universitet in Schweden präsentieren in einer neuen Ausgabe des Fachmagazins »Nature« ihre Studien des Kugelsternhaufens NGC 6397 (Foto unten), der besonders metallarme Sterne aufweist. Astronomen bezeichnen außer Wasserstoff und Helium alles als Metall, somit auch Lithium.

Der Schluss der Forscher: Die Urknall-Theorie stimmt! Das gebildete Lithium hatte einfach in diesen uralten Sternen genug Zeit, um langsam von der Oberfläche hinunter zum Kern zu wandern. Modellrechnungen hierzu gab es bereits, aber erst mit dem Flames-Uves-Spektrografen des VLT waren jetzt auch Messungen möglich.

Die Daten deuten an, dass es neben der erwarteten Strömung in den Sternen noch ein »Extra Mixing« geben muss, dessen genaue Natur noch unklar ist. »Dieser Befund ruft die Theoretiker auf den Plan. Wir wollen mit weiteren Beobachtungen dazu beitragen, das Verständnis der Sternphysik in diesem Punkt zu vervollständigen«, erklärt uns Korn.

Mehr über die Frühzeit des Universums lesen Sie ab S. 14. <<

ESO

Ein wahrer Methusalem unter den Kugelsternhaufen ist NGC 6397 mit seinen 13 Milliarden Jahren; hier aufgenommen vom Eso/MPG-2,2-Meter-Teleskop auf La Silla.

EXOPLANETEN I

Sonne eines fernen Planeten entdeckt

Das Hubble Space Telescope (HST) entdeckte jetzt zu einem bekannten Planeten die dazugehörige Sonne. Dies klingt paradox – ist ja normalerweise ein Stern leichter zu sehen als seine Trabanten. In diesem Fall jedoch wirkten beide als Mikrolinse für das Licht eines Hintergrundsterns und verstärkten es.

Somit lag zwar die Existenz dieses fernen Sonnensystems auf der Hand, sichtbar war es bislang jedoch nicht. Jetzt gelang David Bennett von der University of Notre Dame, Indiana, eine Aufnahme, auf der die neu entdeckte Sonne vor dem Hintergrundstern einen Versatz von 0,7 tausendstel Bogensekunden aufzeigt.

Für das HST sind beide zwar ununterscheidbar. Da die zwei Sterne jedoch verschiedenfarbige Oberflächen haben, ließen sich ihre Abbilder auseinanderdividieren.

Das Ergebnis: OGLE-2003-BLG-235L/MOA-2003-BLG-53L hat etwa sechzig Prozent der Masse unserer Sonne (der Schnitt liegt bei dreißig Prozent), sein Planet etwa 2,6 Jupitermassen. Das ist mit den heutigen Modellen der Planetenentstehung noch verträglich. Diese verlangen eine Mindestmasse für die Zentralsterne, damit genug Material in der sie anfangs umgebenden Scheibe vorhanden ist, um große Planeten daraus bilden zu können. <<

NASA, STSCI, GREG BACON

Riese kreist um Zwerg
So könnte der 2,6-Jupitermassen-Planet aussehen, angestrahlt von seinem Roten Zwergstern im Bildhintergrund.

EXOPLANETEN II

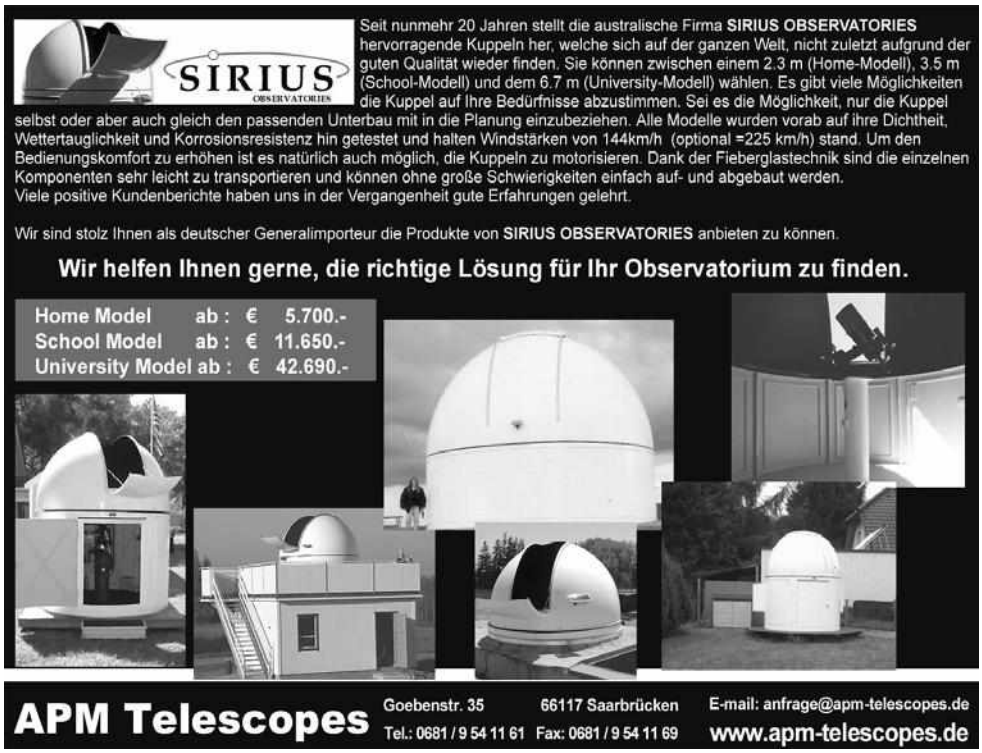
Kurioses Doppel im Sternbild Kentaur

Ein Planet war und ist definitionsgemäß ein nicht selbst leuchtender Himmelskörper mit geringer Masse, der einen Stern umläuft. Für solche Objekte, die aber keinen Heimatstern besitzen, schlug der Astronom Ray Jayawardhana (»Wie entsteht eine neue Welt?«, AH 7-8/2004, S. 32) von der Uni Toronto den Begriff Planemo vor, kurz für Planetary Mass Object.

Jayawardhana und Walentin Iwanow von der Europäischen Südsternwarte Eso fanden unlängst mit dem 3,5-Meter-New-Technology-Telescope (NTT) der Eso auf La Silla in Chile ein Pärchen und vermaßen es nun genauer mit einer der mehr als doppelt so großen Einheiten des VLT, ebenfalls in Chile.

Ihren Berechnungen zufolge besteht Oph 162225-240515 aus einem Planemo mit der 7-fachen Masse des Planeten Jupiter und einem Exemplar, das es auf das 14-Fache bringt. Es handelt sich also bei Letzterem um einen Braunen Zwerg, wenn man als Definition die Mindestmasse von 13 Jupitermassen zu Grunde legt (»Erster Blick auf ferne Welten«, AH 11/2005, S. 36). Ob das wiederum den leichteren zu einem Planeten macht – über diese Frage debattieren die Fachleute gegenwärtig.

Zwischen den beiden Objekten liegt jedenfalls eine Distanz, die sechsmal so groß ist wie der Abstand zwischen der Sonne und Pluto. Eine Entfernung, die zu einer äußerst geringen gegenseitigen Anziehungskraft führt, aber dennoch stark genug, um die beiden umeinander kreisen zu lassen. <<



Das Ende der kosmischen Dunkelheit:

Die Ersten Sterne

Es waren wahre Monstersonnen – gigantische Fusionskraftwerke, die den Weg bereiteten für künftige Sterngenerationen, Planeten und schließlich: Leben. **>> Volker Bromm**

Einige hundert Millionen Jahre nach dem Urknall hätte das Universum dem menschlichen Auge einen erstaunlichen Anblick geboten: völlige Dunkelheit. Dies war das dunkle Zeitalter des Kosmos, eine geheimnisvolle Epoche, in der es noch keine Planeten, Sterne oder Galaxien gab. Unter dem Einfluss der Schwerkraft begann die Materie dann zu klumpen und die ersten Sterne zu bilden. Wir Astrophysiker sind davon überzeugt, dass jene kosmischen Kraftwerke über so ungewöhnlich große Massen und Leuchtkräfte verfügten, dass sie das bislang friedvolle Universum in einen wahren Hexenkessel verwandelt haben.

Diese Metamorphose wurde durch die intensive Ultraviolettstrahlung verursacht, die von den Ersten Sternen produziert wurde; sie ionisierte bald großräumig allen Wasserstoff in der Umgebung. Als diese Megasterne dann nach nur zwei bis drei Millionen Jahren ihren Brennstoff aufgezehrt hatten, vergingen sie in den wohl gewaltigsten Explosionen seit dem Urknall: als Hypernovae. Dabei setzten sie Energiemengen frei, die bis zu hundertmal größer waren als in den »gewöhnlichen« Supernovae im heutigen Universum (Kasten S. 18).

Das Rennen um die Entdeckung von solchen Population-III-Sternen (siehe Kasten S. 17) ist jüngst in eine neue Phase getreten. Im September 2005 hat der Nasa-Satellit Swift (AH 11/2004, S. 30) einen Gammastrahlungsausbruch vom Rand des beobachtbaren Universums entdeckt, der vom Tod eines massereichen Sterns vor etwa 12,8 Milliarden Jahren zeugt. Wenig später hat ein anderes Team von Nasa-Wissenschaftlern, das mit dem Weltraumteleskop Spitzer (AH 9/2004, S. 30) arbeitet, die Existenz von Fluktuationen im infraroten Wellenlängenbereich der kosmischen Hintergrundstrahlung verkündet. Ein Teil dieser Fluktuationen könnte durch Population-III-Sterne verursacht worden sein. Wir Kosmologen diskutieren gerade intensiv, ob diese Entdeckungen schon eindeutige Hinweise auf die Existenz der Ersten Sterne liefern.

Verglichen mit den typischen Sternentstehungsgebieten in unserem heutigen Milchstraßensystem waren die Bedingungen für die Entstehung von Population-III-Sternen ganz anders. Die Theorie lässt vermuten, dass sich diese frühen Sonnen in annähernd kugelförmigen Wolken gebildet haben, jede bestehend aus 100 000 Sonnenmassen Gas, und zusammengehalten durch Dunkle Materie. Diese Minihalos (Simulationen S. 16 oben) bestanden aus den leichtesten Elementen, die im Urknall erzeugt worden waren: atomarem Wasserstoff, Helium und einem winzigen Anteil molekularen Wasserstoffs. Dessen Anwesenheit hatte dramatische Folgen, obwohl es damals nur ein Molekül pro tausend Atomen gab.

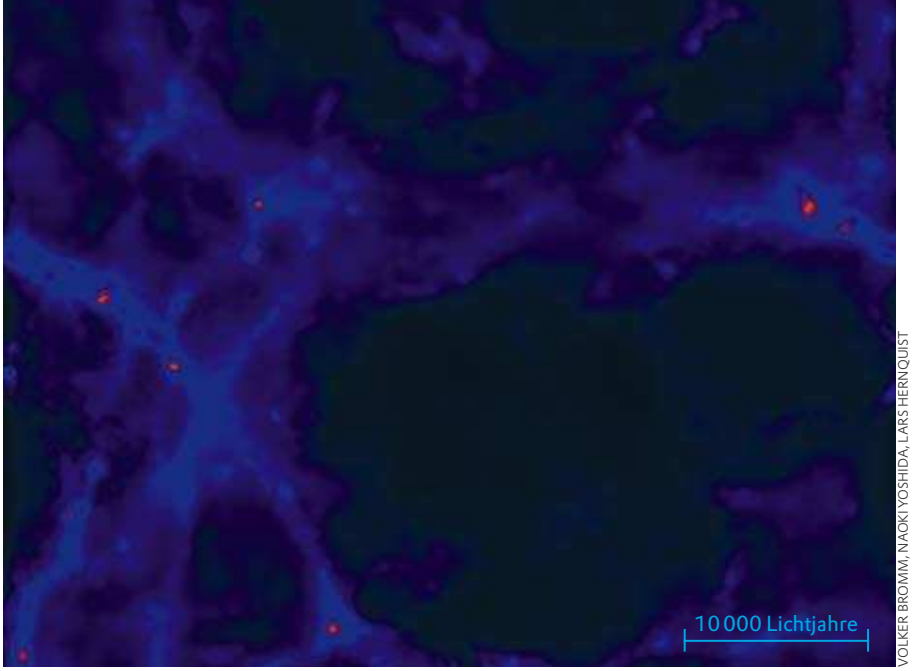
Die Entstehung einer Megasonne

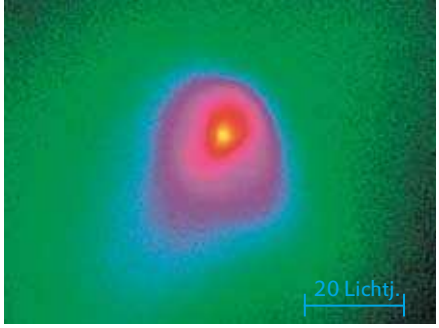
Denn molekularer Wasserstoff war das einzig verfügbare Kühlmittel, das bei den niedrigen Temperaturen in der dunklen Ära funktionierte. Nur so konnte das Gas im Minihalo seine Wärme abführen, was wiederum zur Reduzierung seines Drucks führte. Der war allerdings noch wesentlich größer als in den heutigen Sternentstehungsgebieten. Die Gravitationskraft – folglich auch die Masse der Wolke – musste daher viel größer sein, um sich gegen den Druck zusammenziehen zu können. Das Ergebnis waren Klumpen, die jeweils mehrere hundert Sonnenmassen ausmachten. Im heutigen Universum haben sie üblicherweise nur einige Sonnenmassen.

Zu Beginn dieses Jahrzehnts fanden zwei unabhängig voneinander arbeitende Teams mit aufwändigen Computersimulationen heraus, dass >

ILLUSTRATION S&T, CASEY REED

Wie ein Schneidbrenner erzeugt das harte UV-Licht der Megasonnen Blasen aus Plasma: Der ursprünglich neutrale Wasserstoff in einem Umkreis von mehreren zehntausend Lichtjahren wird fast völlig ionisiert.





VOLKER BROMM, ABRAHAM LOEB

VOLKER BROMM, NAOKI YOSHIDA, LARS HERNQUIST

Schon bevor die Sterne leuchteten, hatte die Schwerkraft die Materie im Universum zu Filamenten angesammelt, wie die Computersimulation (links) zeigt. Die Minihalos sind als rote Flecken zu erkennen. Aus ihnen entstehen die Ersten Sterne – die gelben Punkte in den »Nahaufnahmen« (rechts).

> sich im Innern dieser Klumpen aus Urknallmaterie extrem massereiche Sterne gebildet haben mit vielleicht dreißig bis fünfhundert Sonnenmassen. Eine der beiden Gruppen bestand aus Tom Abel, Greg Bryan und Michael Norman, damals an der University of Illinois beziehungsweise am Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Paolo Coppi, Richard Larson und ich, damals an den Unis von Yale und Harvard, bildeten die andere Gruppe. Wir haben uns ein fesselndes wissenschaftliches Rennen geliefert. Im Nachhinein kann man sagen, dass wir uns gegenseitig angestachelt haben, und dass wir im wesentlichen Punkt übereinstimmten: Die Ersten Sterne waren sehr massereich. Jeder von uns verspürte die Aufregung, an einer wichtigen Entdeckung beteiligt gewesen zu sein.

Kosmische Transformation

Nachdem sich die erste Generation von Sternen ungefähr 150 bis 200 Millionen Jahre nach dem Urknall gebildet hatte, wurden die ersten schweren Elemente in ihrem Innern erzeugt, die dann am Ende ihres überaus kurzen Lebens von nur einigen Millionen Jahren in den umliegenden Weltraum ausgestoßen wurden. Die Anwesenheit von schweren Elementen hatte zur Folge, dass es dort nicht zur Entstehung von weiteren derart massereichen Sternen kommen konnte, vielleicht mit der Ausnahme von seltenen stellaren Zusammenstößen. Wenn heutzutage ein massereicher Stern entsteht, stellt sich sein intensiver Strahlungsdruck der einfallenden Materie entgegen. Diese ist angereichert mit schweren Elementen und Staub, beide werden von der Strahlung förmlich weggeblasen. Dadurch endet der Materiestrom auf den Protostern und er kann im heutigen Universum nicht über ungefähr 120 Sonnenmassen anwachsen. Population-III-Sterne hingegen entstanden in Wolken, die noch keine schweren Elemente und Staub enthielten. Der Strahlungsdruck konnte deswegen die Akkretion nicht stoppen und der Stern wuchs im Extremfall bis auf 500 Sonnenmassen an.

Nach dieser Entdeckung stellten sich uns sofort zwei weitere Fragen: Wie haben sich die massereichen Sterne auf die weitere Entwicklung des Universums ausgewirkt? Und: Wie können wir »Dreier« tatsächlich beobachten und damit unsere Theorien testen?

Astronomen haben durch die Analyse von Spektren weit entfernter Quasare, die vom Sloan Digital Sky Survey (SDSS) aufgespürt wurden, herausgefunden, dass das Universum während der ersten Milliarden Jahre einen entscheidenden »Phasenübergang« erlebt hat: Das intergalaktische Gas muss damals von einem neutralen in einen überwiegend ionisierten Zustand übergewechselt haben. In einem neutralen Gas sind die Elektronen an die Atomkerne gebunden; in einem Plasma hingegen sind sie von den Kernen abgelöst und können sich dank ihrer hohen Energie frei bewegen. Das Gas in der dunklen Ära war kalt und elektrisch neutral, weil es noch keine Quellen von Wärme und ionisierendem UV-Licht gab. Das heutige Universum dagegen besteht aus fast vollständig ionisiertem Gas.

Im Jahr 2003 machte ein Satellit der Nasa, Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) genannt, eine überraschende Entdeckung: Die Ionisierung des kosmischen Gases muss schon zur Zeit der ersten Sterne begonnen haben. WMAP beobachtet die kosmische Mikrowellen-Hintergrundstrahlung (in der englischen Abkürzung: CMB), die 400 000 Jahre nach dem Urknall ausgesandt wurden, noch bevor die dunkle Ära begann. Damals hatte sich das Universum hinreichend abgekühlt, sodass sich die freien Elektronen und Protonen zum ersten Mal in der Geschichte des Kosmos zu Atomen vereinigen konnten. Die CMB-Photonen konnten sich seither fast ungestört ausbreiten. Jedesmal wenn sie auf ihrer langen Reise an freien Elektronen gestreut wurden, erlangten sie einen gewissen Grad an Polarisierung. WMAP hat nun eine ziemlich starke Polarisation gemessen, was auf eine große Anzahl von freien Elektronen im frühen Kosmos hindeutet, möglicherweise weil die UV-Strahlung der Ersten Sterne sie aus den Wasserstoffatomen herausgeschossen hatte.

Mit Oberflächentemperaturen von mehr als 100 000 Grad und Leuchtkräften vom Millionenfachen der Sonne erzeugten diese Sterne eine wahre Sintflut

an UV-Photonen. Nur einige wenige hundert »Dreier« innerhalb eines Gebiets mit drei Millionen Lichtjahren Durchmesser würden genug Strahlung produziert haben, um den gesamten Wasserstoff des frühen Universums zu ionisieren (siehe Illustration S. 14/15). Dieser Prozess war allerdings nicht der einzige, der das frühe Universum transformierte.

Die ersten Supernova-Explosionen

Population-III-Sterne haben das Universum genauso tief greifend verändert, als es zu den ersten Hypernova-Explosionen kam. Diese außerordentlich gewaltigen Ereignisse fluteten die Umgebung mit schweren Elementen, sodass sich auf diesem »kontaminierten« Boden keine weiteren Dreier mehr bilden konnten. So wurde das Universum nach und nach mit jenen chemischen Elementen angereichert, die schließlich zur Entstehung von Planeten und Leben führten.

Normale Sterne mit Massen ähnlich der unserer Sonne konnten sich bereits bilden, nachdem die Metalle (alle Elemente außer Wasserstoff und Helium) gerade einmal ein Zehntausendstel ihrer Häufigkeit im heutigen Planetensystem erreicht hatten. Wahrscheinlich haben einige hundert Supernovae zur Entstehung der chemischen Elemente beigetragen, aus der die Erde aufgebaut ist. Wegen ihres kolossalen Energieaustoßes konnte eine einzelne Population-III-Hypernova mehr als zehn Millionen Sonnenmassen an Gas mit genügend Metallen anreichern, um die Entstehung normaler Sterne zu ermöglichen.

In den 1960er Jahren fanden Fred Hoyle, William Fowler und andere heraus, dass Sterne mit einer Masse von ungefähr 140 bis 260 Sonnenmassen einen ungewöhnlichen Tod sterben müssten: Eine Hypernova würde den Stern vollkommen zerreißen, ohne dass ein kompaktes Objekt zurückbliebe. Im Gegensatz dazu kommt es bei einer herkömmlichen Supernova zum Kollaps des zentralen Sternbereichs, der zur Entstehung eines Neutronensterns oder Schwarzen Lochs führt, in denen dann auch ein Großteil der mühsam erzeugten schweren Elemente für immer begraben wird. Bei Hypernovae wird dagegen die gesamte Menge aller schweren Elemente in den umliegenden Weltraum verteilt. Dieser Anreicherungsprozess ging somit sehr schnell vonstatten und führte rasch zur Vorherrschaft von normalen Sternen im Universum.

Dieser Typ von Hypernova wird wegen des Mechanismus, der die Explosion auslöst, auch Paar-Instabilitäts-Supernova genannt. Der Grund ist folgender: In massereichen Sternen hält der nach außen gerichtete Druck der Photonen, die durch Kernfusion im stellaren Kern erzeugt wurden, der Schwerkraft die Waage. Wenn eine solche Sonne während der späteren Entwicklungsphasen beginnt, Sauerstoff in ihrem Kern umzuwandeln, erreichen die Photonen so hohe Energien, dass sie sich – Einsteins $E = m c^2$ lässt grüßen – in ein Elektron-Positron-Paar umwandeln können. Da solche Teilchen, verglichen mit den Photonen, viel weniger zum Druck beitragen, gewinnt die Schwerkraft plötzlich die Oberhand und der Stern beginnt zu implodieren. Es kommt zu einem sprunghaften Anstieg der Temperatur, wodurch eine gewaltige thermonukleare Explosion ausgelöst wird. Der gesamte verbliebene stellare Brennstoff wird simultan entzündet, was den Stern vollständig zerreißt.

Die Theoretiker, mich eingeschlossen, sind davon überzeugt, dass wir mit unseren Ideen über Population-III-Sterne auf dem richtigen Weg sind. Die Beobachter sind währenddessen dabei, zwei grundlegend verschiedene Strategien zu entwickeln, um unsere Vorstellungen zu testen. Einige Astronomen versuchen, die Ersten Sterne und deren Explosionen im frühen Universum direkt zu beobachten. Andere wiederum suchen nach »Fossilien« in unserer unmittelbaren kosmischen Umgebung (siehe »Zu wenig Lithium?«, Astro News S. 12).

Die Suche nach den Ersten Sternen

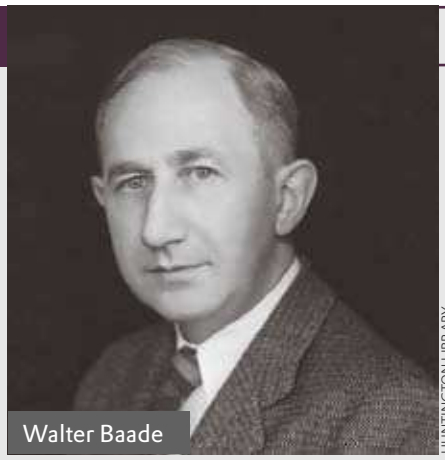
Leider waren die Astronomen bisher noch nicht in der Lage, hinreichend große Teleskope zu bauen, um Population-III-Sterne zu finden, da deren Licht auf Grund der kosmischen Expansion stark rotverschoben und extrem schwach ist. Sogar der geplante Nachfolger für das Weltraumteleskop Hubble, das James Webb Space Telescope (JWST), wird keinen genügend großen Spiegel haben, um einzelne Dreier zu sehen. Allerdings glauben einige Wissenschaftler, dass sie vor Kurzem das kollektive Licht von unzähligen Ersten Sternen entdeckt haben.

Genauer: Alexander Kashlinsky und drei Kollegen vom Goddad Space Flight Center der Nasa haben mit Spitzer die >

Population I, II und III

Der Begriff der Sternpopulationen verdankt seine Entstehung den durch den Zweiten Weltkrieg erzwungenen Verdunkelungen in Los Angeles, Kalifornien. Walter Baade (1893–1960) wurde als Deutscher natürlich nicht wie seine US-Kollegen der nahen Mount-Wilson-Sternwarte zur Entwicklung von Waffensystemen abgezogen. Er hatte somit die Teleskope während der idealen Beobachtungsbedingungen fast komplett für sich. Dies ermöglichte ihm, einige überaus wichtige Entdeckung zu machen. Zum Beispiel konnte er zwei verschiedene Arten von Sternen in der Andromeda-Galaxie (M 31) unterscheiden: blaue, junge Sterne in der flachen galaktischen Scheibe und rote, alte Sterne im elliptischen Zentralbereich, dem Bulge. Blaue Sterne nannte er Population I und rote Population II.

Diese differieren auch in der Menge schwerer Elemente: »Zweier« sind vor den »Einsern« entstanden, und zwar aus metallarmem Gas. Letztere, zu denen auch unsere Sonne gehört, bilden sich dagegen in hochangereicherten Wolken.



Walter Baade

HUNTINGTON LIBRARY

Langsam wurde ein wichtiger Punkt deutlich: Auch Zweier enthalten eine kleine Menge an Metallen. Wirklich ursprüngliche Materie aus dem Urknall bestand nur aus Wasserstoff, Helium und einer Prise Lithium (siehe S. 12). Es musste daher kurz nach dem Urknall noch eine weitere Population gegeben haben, die überhaupt keine schweren Elemente enthielten. Anfang der 1980er Jahre haben Howard Bond (jetzt am Space Telescope Science Institute, STScI) und andere den Namen Population III für diese Ersten Sterne eingeführt.

Hypernovae und Supernovae

Paar-Instabilitäts-Supernovae (Hypernovae) und »normale« Supernovae werden ausgelöst, wenn im Stern nicht mehr genug Lichtteilchen und Gasdruck vorhanden sind, um dem Druck der eigenen Schwerkraft standzuhalten. Hier hören die Gemeinsamkeiten auf.

Die Explosion einer Hypernova setzt bis zu einhundertmal mehr Energie frei. Dabei wird der Stern komplett zerrissen und es bleibt kein kompakter Rest im Zentrum zurück, ein Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch.

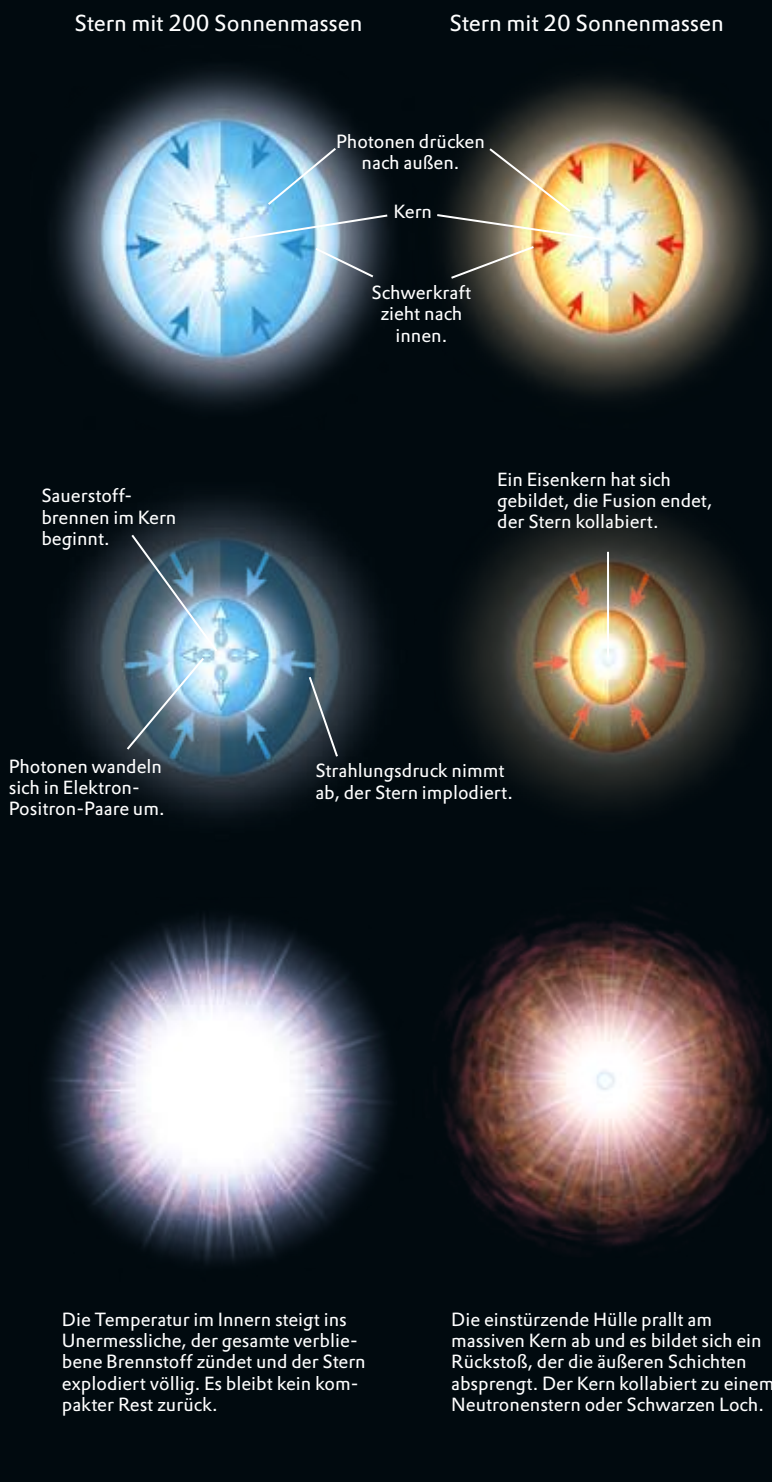


ILLUSTRATION S&T, CASEY REED / AH

> kosmische Hintergrundstrahlung, jenes den gesamten Himmel durchdringendes Meer von Photonen, im nahen Infrarot beobachtet. Sie entdeckten, dass die gemessenen Fluktuationen in diesem Hintergrund viel stärker sind, als man sich das auf Grund der bekannten Anzahl von weit entfernten Galaxien erklären kann. Kashlinskys Gruppe wertet diesen Fluktuationsexzess als indirekten Beweis für die Existenz von Population-III-Sternen. Noch ist die Beweiskette allerdings nicht wasserdicht. Dennoch ist die Verbindung zwischen den Ersten Sternen und dem kosmischen Infrarot-Hintergrund einleuchtend. Sowohl Theoretiker als auch Beobachter arbeiten fieberhaft daran, den möglichen Beitrag der Dreier zum Infrarothintergrund aufzuspüren.

Selbst wenn wir einen einzelnen Dreier während seines aktiven Lebens – wenn sein Gleichgewicht durch Kernreaktionen im Innern aufrechterhalten wird – nicht direkt beobachten können, dürfte die Hypernova-Explosion an seinem Lebensende hinreichend hell sein, um die Beobachtung mit dem JWST ohne allzu große Schwierigkeiten zu ermöglichen. Mit einem Spiegeldurchmesser von 6,5 Metern sollte Webb in der Lage sein, einige hundert Population-III-Hypernovae pro Jahr und Quadratgrad am Himmel aufzuspüren.

Ein zweiter Ansatz zum Studium des Tods der Ersten Sterne wird gerade vom Nasa-Satelliten Swift verfolgt, der nach Gammastrahlenblitzen (im Englischen: Gamma-Ray Bursts, oder GRBs) Ausschau hält. Die meisten GRBs werden durch den Kollaps von schnell rotierenden, massereichen Sternen ausgelöst, die als Supernova vom Typ Ib oder Ic explodieren. Abraham Loeb (vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, CfA) und ich haben kürzlich berechnet, dass mindestens zehn Prozent aller von Swift gefundenen Gammablitze während der ersten Jahrmilliarde nach dem Urknall stattgefunden haben müssen. Die bisherigen Beobachtungen haben unsere Vorhersage bestätigt, da zwei von den zwanzig Swift-Gammablitzen mit bekannter Entfernung aus eben jener Epoche stammen. Swift sollte allerdings in der Lage sein, noch weiter entfernte GRBs zu beobachten, die von Ersten Sternen stammen, sodass wir verschiedene Modelle für die Häufigkeit von Population-III-Gammablitzen testen können.

Verräterisches Spektrum

HE 0107-5240 (Pfeil im Foto) hat wenig Metalle im Vergleich zur Sonne (oben in der Grafik), aber immer noch mehr, als es ein Population-III-Stern haben dürfte (Kurve ganz unten).

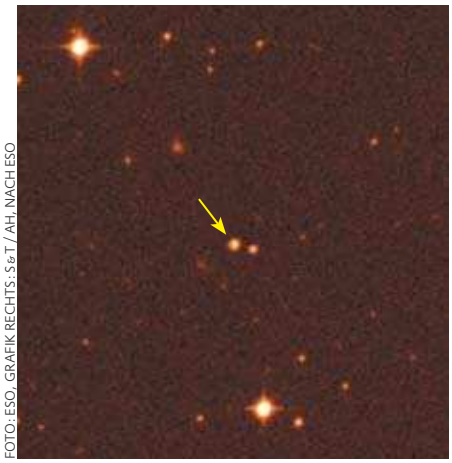
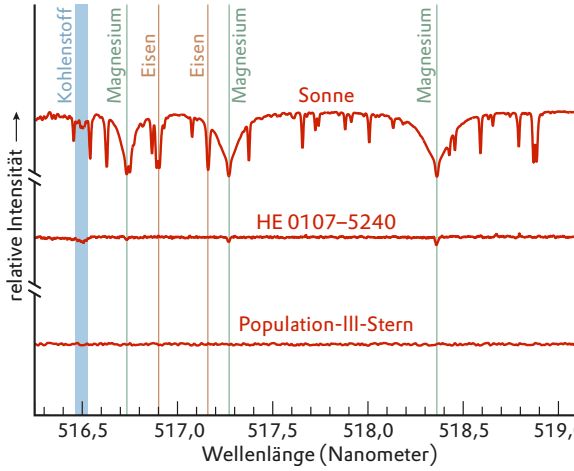


FOTO: ESO, GRAFIK RECHTS: S&T / AH, NACH ESO



Eine weitere Methode, die Ersten Sterne empirisch zu erforschen, könnte man stellare Archäologie nennen. Die grundlegende Idee dabei ist, die Häufigkeiten der chemischen Elemente in den ältesten Sternen unserer Milchstraße zu bestimmen, um den Fingerabdruck von Population-III-Hypernovae aufzuspüren. Die Wissenschaftler der Hamburg-Eso-Durchmusterung haben zwei ungewöhnliche Sterne im Halo unserer Galaxis entdeckt, die jeweils eine Eisenhäufigkeit von weniger als einem Hunderttausendstel der in der Sonne gemessenen aufweisen (relativ zur Menge des Wasserstoffs). Diese beiden Sterne, HE 0107-5240 (Abbildungen oben und AH März/April 2003, S. 14) und HE 1327-2326, enthalten aber ein Zehntel der solaren Kohlenstoff- und Sauerstoffhäufigkeit. Solch eine merkwürdige Elementmischung hatte man bis dahin noch nie beobachtet.

Stellare Archäologie

Ken'ichi Nomoto und Hideyuki Umeda von der Tokyo Daigaku (Universität Tokio) haben vorgeschlagen, dass Erste Sterne von dreißig bis vierzig Sonnenmassen auf eine besondere Weise sterben: als leuchtschwache Supernovae, die ein Schwarzes Loch zurücklassen. Eine solche Explosion könnte das merkwürdige Häufigkeitsmuster in der Hamburg-Eso-Durchmusterung erklären. Sterne in diesem Massenbereich sind nicht schwer genug, um eine Paar-Instabilitäts-Supernova auszulösen; sie sind aber massereicher als die Vorgängersterne der gewöhnlichen Supernovae vom Kernkollaps-Typ. Die Explosion kommt beim Durchlaufen der Stoßfront durch die Sternhülle zum Stillstand und der Großteil der Sternmasse stürzt in das Schwarze Loch im Zentrum. Lediglich die äußersten Schichten der Hülle können entkommen. Die Sternhülle ist nun aber stark mit Kohlenstoff und Sauerstoff angereichert, wohingegen all die schwereren Kerne bis hin zum Eisen im Schwarzen Loch begraben werden. Dieser Explosionsmechanismus könnte durchaus die Erklärung für die chemischen Häufigkeiten in HE 0107-5240 und HE 1327-2326 liefern.

Meine Kollegen und ich haben allerdings den Verdacht, dass diese beiden Exoten der dritten Sterngeneration angehören und nicht der zweiten, wie von Nomoto und Umeda angenommen. Die in den Exoten gemessenen Elementhäufigkeiten würden dann die Supernova-Fingerabdrücke von Sternen der zweiten Generation enthalten und nicht nur die von Population-III-Sternen allein, also der ersten Generation. Auch ist es im Moment noch gar nicht möglich, genau einzuschätzen, ob die beiden Sterne wirklich exotisch oder vielmehr durchschnittlich sind.

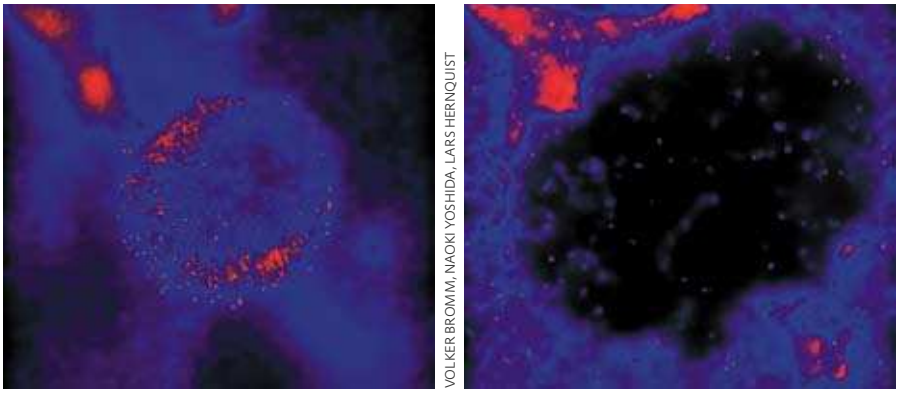
Die Stellararchäologen haben bereits zu einem tieferen Verständnis der Ersten Sterne beigetragen. Das volle Potenzial dieser Methode wird sich aber erst in der nahen Zukunft entfalten, mit noch umfangreicheren Durchmusterungen der ältesten, am wenigsten mit schweren Elementen angereicherten Sterne in unserer Milchstraße.

Der Versuch, die gesamte Geschichte des Universums, vom Urknall bis heute zu rekonstruieren, stellt eines der größten Abenteuer des menschlichen Geistes dar. Wenn wir dann mit Hilfe von Teleskopen wie dem JWST verstanden haben, was genau am Ende des kosmischen dunklen Zeitalters geschah, werden wir die letzte noch verbliebene Lücke in unserem Weltbild geschlossen haben. Dann haben wir Zugang zur gesamten Geschichte unseres Universums – und die uralte Suche nach unserem Ursprung wird in gewissem Sinn ans Ende gelangt sein.

Würde das auch das Ende der Kosmologie bedeuten? Ganz sicher nicht. Wir haben immer wieder gelernt, dass jede Antwort neue Fragen aufwirft. Die Wissenschaft steht nie still und treibt uns ständig an, die Grenzen unseres Wissens weiter auszudehnen. Es ist faszinierend sich vorzustellen, welche aufregenden Fragen uns in vielleicht zwanzig Jahren beschäftigen werden.

Fortsetzung folgt! <<

Die Wucht der Hypernova-Explosion versprengt das Gas des früheren Minihalos (linkes Bild der Simulation). Dabei wird es mit schweren Elementen angereichert. Schließlich bleibt eine 3000 Lichtjahre durchmessende, fast leere Blase zurück (rechts).



VOLKER BROMM, NAOKI YOSHIDA, LARS HERNQUIST

Volker Bromm ist Professor für Astrophysik an der University of Texas in Austin. Er studierte in Heidelberg und Yale.

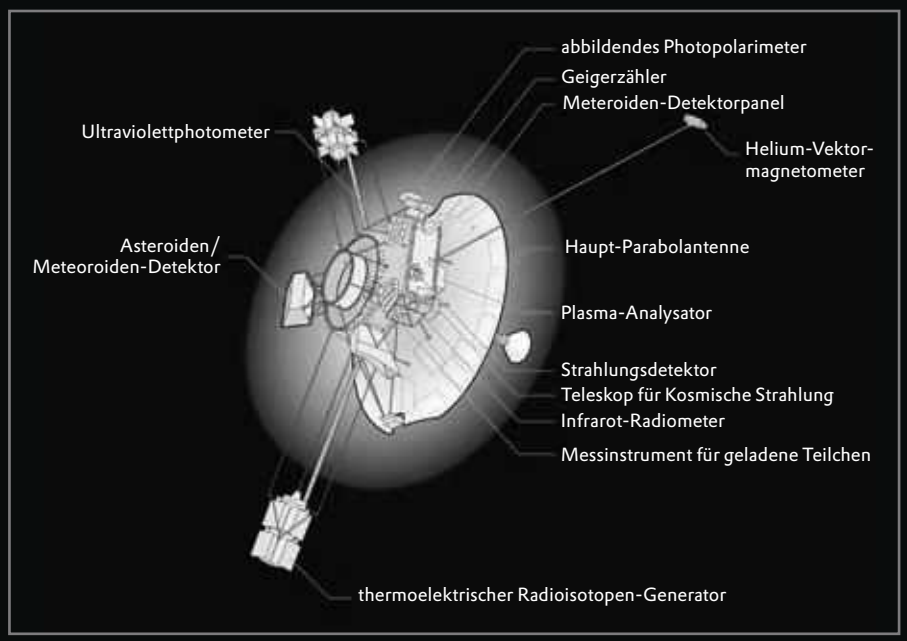
Mysterium am Rand des Sonnensystems

Jetzt sind die beiden Pioniere an der Grenze zum interstellaren Raum angelangt, doch bereits seit einigen Jahren geben sie den Wissenschaftlern ein Rätsel auf. **>> Eugen Reichl**

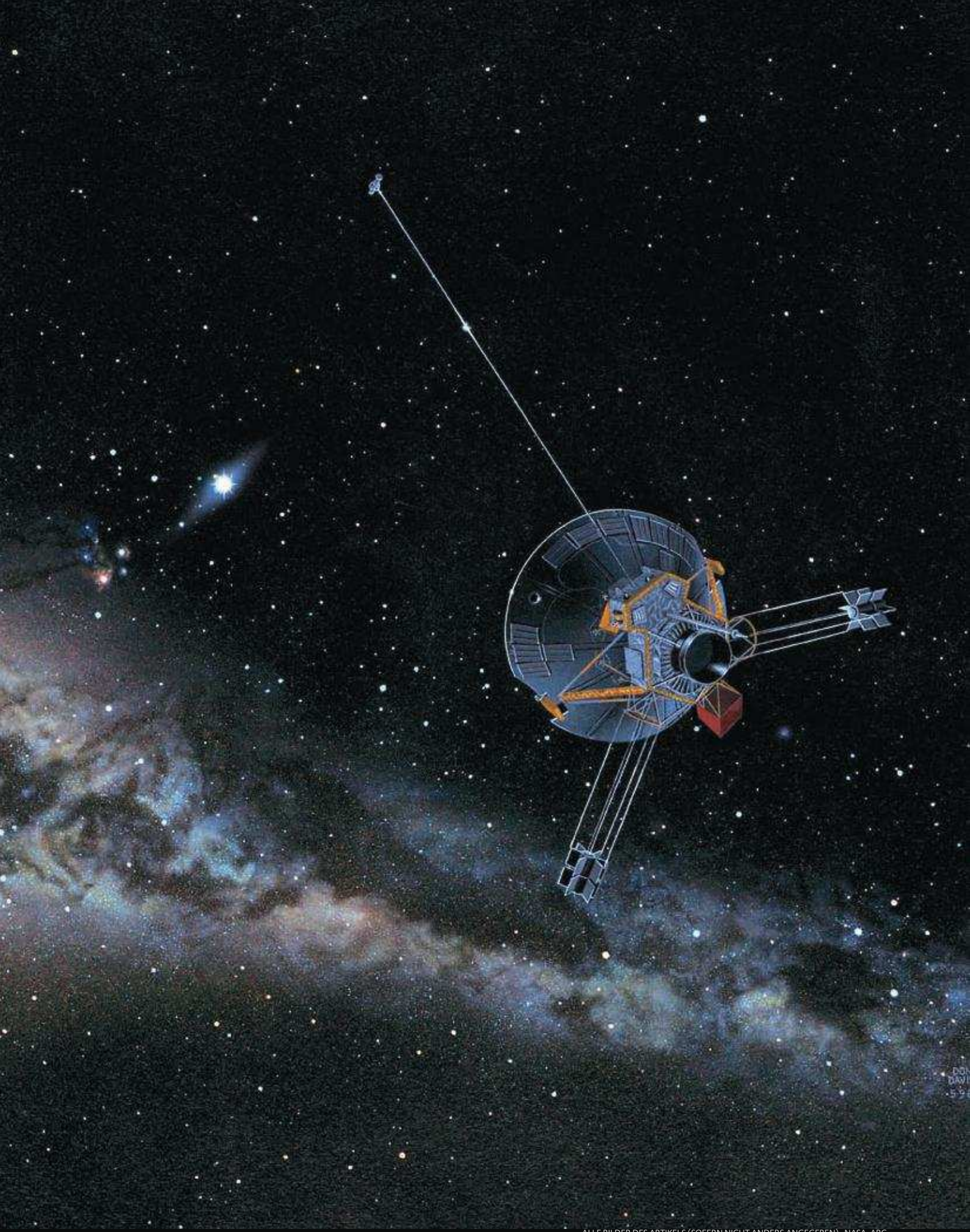
Dies ist die Geschichte zweier Raumfahrzeuge: Pioneer 10, gestartet im März 1972, und Pioneer 11, der im April 1973 seine lange Reise ins All begann. Ihre Aufgabe war die erste Naherkundung der Gasriesen Jupiter und Saturn. Doch das ist lange her. Beide Sonden treiben heute an der Grenze unseres Sonnensystems im Übergangsbereich zum interstellaren Medium. Sie sind schon vor Jahren verstummt und wären nur noch eine Randnote der Raumfahrtgeschichte wert, gäbe es da nicht ihre Flugbahnen, die so eigenartig sind, dass man nicht einfach darüber hinweggehen kann.

Denn etwas Seltsames geschieht mit den beiden Robotern. Pionier 10 und 11 sind nicht da, wo sie eigentlich sein sollten. Irgendetwas hält sie zurück. Eine sehr kleine, aber deutlich messbare Kraft. Jede der beiden Sonden ist heute etwa 400 000 Kilometer von dem Ort entfernt, an dem sie sein müsste, ginge alles mit rechten Dingen zu. Oder besser gesagt, ginge es allein mit den heute bekannten Dingen zu.

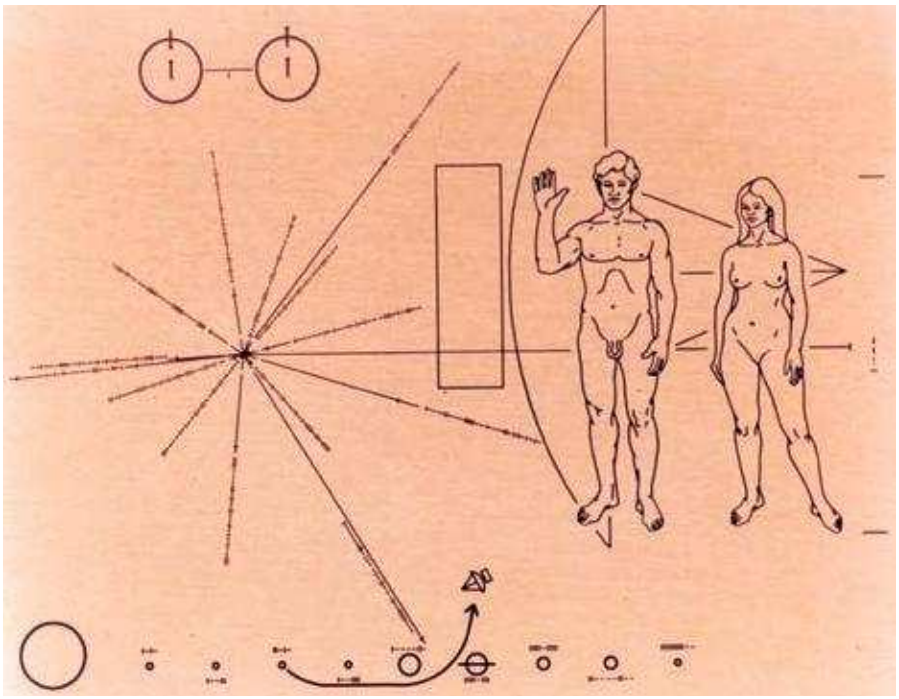
Die offensichtliche Abbremsung der Sonden ist extrem gering. Sie entspricht einem Zehnmilliardstel der Beschleunigung auf der Erdoberfläche. Die Bahnabweichung ist bei beiden genau gleich groß, obwohl sie sich fast in entgegengesetzter Richtung aus dem Sonnensystem entfernten. Was also ist los da draußen? >



Ein letzter Blick zurück
Pioneer 10 war die erste Raumsonde, die den Asteroidengürtel jenseits der Marsbahn durchquerte und Nahaufnahmen von Jupiter schoss. Diese Illustration zeigt sie auf Höhe der Neptunbahn mit Kurs auf Aldebaran im Sternbild Stier.



ALLE BILDER DES ARTIKELS (SOFERN NICHT ANDERS ANGEGEBEN): NASA, ARC



Visitenkarte für die Aliens
Die Pioneer-Plakette zeigt unter anderem einen Mann und eine Frau vor der Silhouette der Sonde als Größenvergleich. Links ist die Position der Sonne relativ zu 14 Pulsaren angegeben.

> Niemand weiß es. Praktisch alle derzeit denkbaren Erklärungen sind bereits ausgeschlossen worden. Die Physiker sind so ratlos, dass einige dieses Mysterium mit anderen, heute ebenfalls unerklärlichen Phänomenen in Verbindung bringen.

Ein Defekt in der Funkanlage von Pioneer 11 machte ab dem 1. Oktober 1990 die Erzeugung eines Signals für Bahnverfolgungszwecke unmöglich. Ab diesem Zeitpunkt konnte die Nasa von der Sonde keine Daten mehr über dieses seltsame anomale Verhalten gewinnen. Sie bewegt sich weiterhin in Richtung des Sternbilds Adler (»Aquila«) und wird in etwa vier Millionen Jahren die Stelle passieren, an der sich heute Lambda Aquilae (λ Aql) befindet, ein Stern 3,5ter Größe am Schwanz des Adlers.

Pioneer 10 war besser in Form. Der kleine Weltraumspäher erzeugte bis zum 11. Februar 2000 unverdrossen das Dopplersignal für die Bahnverfolgung. Danach riss die Verbindung ab. Die Raumsonde war etwa 75 Astronomische Einheiten von der Erde entfernt. In den beiden folgenden Jahren konnte jeweils noch einmal kurzzeitig Funkkontakt hergestellt werden. Heute entfernt sich Pioneer 10 mit einer Geschwindigkeit von 12,24 Kilometern pro Sekunde relativ zur Sonne aus unserem Planetensystem in Richtung Aldebaran im Sternbild Stier.

Im März 2005 hat das Wissenschaftsmagazin »New Scientist« die Pioneer-Anomalie als eines der 13 rätselhaftesten Phänomene der Wissenschaft aufgelistet. Sie nimmt dort Rang acht ein. Auf Platz sieben liegen die vier Jahre zuvor entdeckten Tetra-Neutronen, auf Platz neun die Dunkle Energie. Und gerade Letztere könnte in einer noch unbekannten Verbindung zur Pioneer-Anomalie stehen. Aber fangen wir zunächst ganz von vorne an …

Die Reise beginnt

In den Abendstunden des 2. März 1972 startete die Raumsonde Pioneer 10 an der Spitze einer Atlas-Centaur-Trägerrakete zu einer Reise, wie sie bis dahin noch nie zuvor unternommen worden war. Erstmals wurde eine Raumsonde auf eine Geschwindigkeit beschleunigt, die groß genug war, um das Sonnensystem auf Nimmerwiedersehen zu verlassen. Hyperbolischer Exzess ist der Fachbegriff dafür.

Der Flug der Atlas-Centaur dauerte nur 17 Minuten, dann war die Rekordgeschwindigkeit von 51 700 Stundenkilometern erreicht und Pioneer 10 auf dem Weg in Richtung Jupiter. Nur elf Stunden nach dem Lift-off in Cape Canaveral überquerte die Sonde die Mondbahn, gerade einmal zwölf Wochen danach die des Mars. Im Februar 1973 hatte der kleine Weltraumspäher den Asteroidengürtel durchquert und begann den Anflug auf den Gasriesen.

Nachdem das Missionsrisiko – speziell wegen der Durchquerung der Trümmerzone zwischen Mars und Jupiter – als erheblich eingestuft worden war, hatte die Nasa von vornherein eine Doppelmission geplant. Als Pioneer 10 die Zone der Asteroiden unbeschädigt hinter sich gelassen hatte, wurde am 5. April 1973 auch Pioneer 11 auf die Reise geschickt.

Anfang Dezember 1973 passierte Pioneer 10 den Gasgiganten in einem Abstand von nur 200 000 Kilometern. Die immense Schwerkraft des Planeten knickte die Bahn von Pioneer 10 fast im rechten Winkel ab. Das Raumfahrzeug verblieb aber in der Ekliptik, der Bahnebene der Planeten.

Pioneer 11 flog fast auf den Tag genau ein Jahr später an Jupiter vorbei, allerdings in einer Entfernung von nur 34 000 Kilometern. Die Missionskontroller hatten die Flugbahn so angelegt, dass das Raumfahrzeug durch die Schwerkraft des Riesenplaneten in einem weiten Bogen etwa 175 Millionen Kilometer aus der Ekliptik hinausstieg und danach wieder hineinfiel, um schließlich den Saturn anzusteuern.

Die Gravitationskraft des Ringplaneten bewirkte, dass die Bahn von Pioneer 11 erneut stark umgelenkt wurde, mit dem Ergebnis, dass nach Abschluss der Passage die beiden Schwestersonden jetzt ziemlich genau in entgegengesetzten Richtungen aus dem Sonnensystem steuern (Grafiken rechts).

Die Jahre gingen dahin. In Abständen von einigen Monaten meldete sich die Missionskontrolle bei den einsamen Pionieren, rief Daten ab und gab Kommandos durch. Es war 1980, als den Flugleitern bei der Auswertung der Dopplerdaten von Pioneer 10 eine leichte, aber stetige Geschwindigkeitsänderung auffiel. Eine geringe, aber deutlich messbare Kraft schien die Sonde in Richtung Sonne zu ziehen.

Zu diesem Zeitpunkt war Pioneer 10 mehr als zwanzig Astronomische Einheiten von der Sonne entfernt und die Abnahme der Geschwindigkeit denkbar gering. Sie betrug jeden Tag nur 0,0000755 Meter pro Sekunde. Die Ab-

weichung hatte nicht früher festgestellt werden können, denn der Effekt war bis dahin im natürlichen Strahlungsdruck der Sonne untergegangen.

Auch jetzt wurde der Angelegenheit zunächst wenig Beachtung geschenkt. Die Primärmission der beiden Sonden war schließlich vorbei, was machte da schon ein kleiner Messfehler oder ein unbedeutendes technisches Problem.

Die Projektingenieure wurden erst aufmerksam, als exakt dasselbe Phänomen auch bei Pioneer 11 beobachtet wurde. Die Beschleunigung in Richtung Sonne war bei ihr genauso hoch wie bei Pioneer 10. Und so begannen die Wissenschaftler, den seltsamen Effekt näher unter die Lupe zu nehmen.

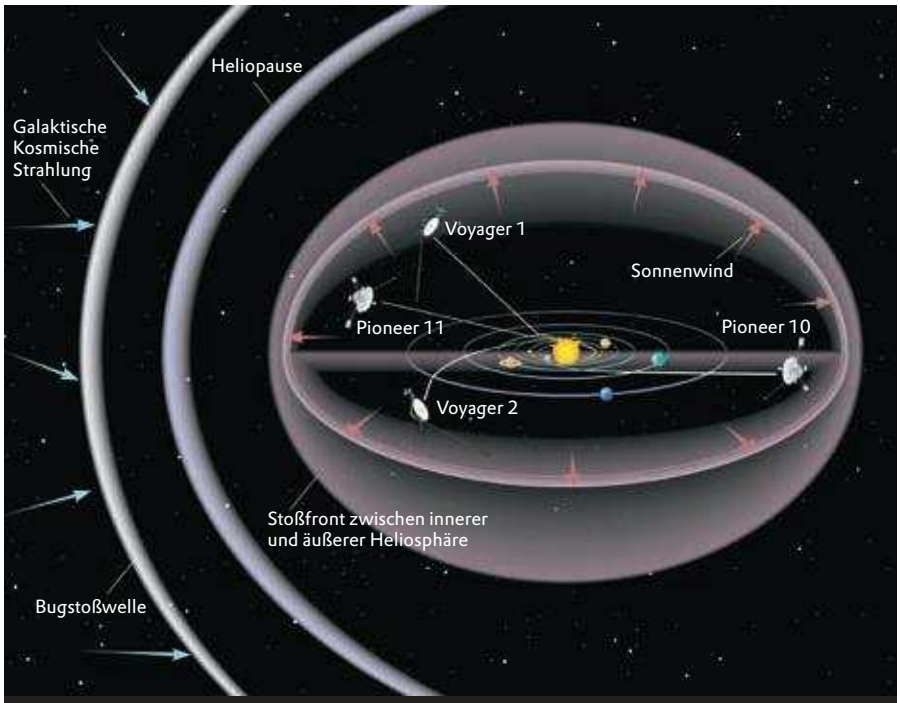
Ursache unbekannt

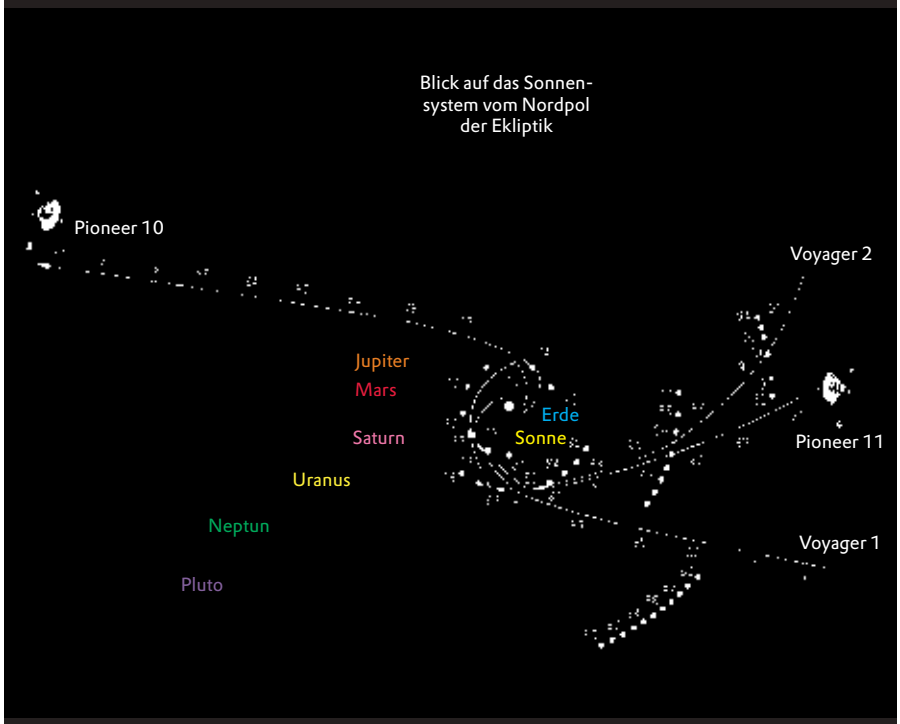
Zunächst nahm man sich die Störfaktoren vor, die von den Sonden selbst stammen könnten: Ausgasungseffekte der Steuertriebwerke beispielsweise oder Schubanomalien. Die bei den drallstabilisierten Sonden relativ seltenen Triebwerksimpulse konnten leicht aus dem Gesamtwert herausgerechnet werden.

Ein Hauptverdächtiger für den Effekt war die Zerfallswärme der mit Plutonium betriebenen Radioisotopen-Generatoren. Doch diesen Punkt konnte man ebenfalls bald ausschließen, denn zum einen wird die Zerfallswärme nicht gerichtet abgestrahlt, sondern in alle Richtungen gleichmäßig, und zum anderen nimmt sie mit der Halbwertszeit von Plutonium-238 ab. Die beträgt knapp 88 Jahre, die Abstrahlungsleistung müsste demzufolge schon auf unter 75 Prozent abgesunken sein. Die Anomalie aber zeigte sich unbeeindruckt und blieb weiterhin gleich stark.

Auch die Kernumwandlung von Plutonium selbst wurde untersucht. Bei diesem Prozess wird pro Jahr ein knappes Gramm Helium erzeugt, das mit einer Geschwindigkeit von 1,22 Kilometer pro Sekunde abgestrahlt wird. Doch auch hier konnte man ermitteln, dass dieser Effekt höchstens 1,5 Prozent zum Phänomen beiträgt.

Dann untersuchten die Ingenieure den Strahlungsdruck, der von den Sendern der Raumfahrzeuge ausging, fanden ihn aber viel zu gering, um das Phänomen zu erklären. Der Effekt blieb stets gleichmäßig, egal ob die Pioneers nun sendeten oder nicht. >





Grenzgänger: Das Pioneer/Voyager-Raumsondenquartett der Nasa dringt unermüdlich in Regionen außerhalb des Sonnensystems vor. Dessen innerster Rand liegt bei etwas mehr als neunzig Astronomischen Einheiten (Grafik oben). Zwischen dieser Linie und der Heliopause vermischt sich der Sonnenwind mit dem interstellaren Medium.

Die Flugbahnen der Raumsonden wurden von Mal zu Mal komplexer (unten). Pioneer 10 flog »nur« an Jupiter vorbei. Pioneer 11 – ein Jahr später gestartet – erreichte darüber hinaus den Saturn. Die 1977, sechzehn Tage vor Voyager 1 gestartete Voyager 2 schaffte es gar zu Uranus (24. Januar 1986) und Neptun (25. August 1989).

Am 17. Februar 1998 »überholte« Voyager 1 ihre »Cousine« Pioneer 10 und erreichte als erste Sonde die innere Grenze des Planetensystems am 16. Dezember 2004. Am Dienstag, dem 15. August 2006, erreichte sie die Rekordentfernung von 100 AE. Zu ihr besteht nach wie vor Funkkontakt.

Audienz beim König der Planeten Die Fotos von Jupiter, die die beiden Pioneer-Sonden zur Erde sandten, zeigten erstmals den Detailreichtum seiner Atmosphäre.

> Die Nasa ging die möglichen astronomischen Ursachen durch: Gab es gravitative Einflüsse unentdeckter Objekte im Kuiper-Gürtel? Wie wäre es mit der Wirkung von interplanetarem Staub und Plasma? Veränderte sich vielleicht der Strahlungsdruck der Sonne im Lauf der Zeit? Gab es etwa wandernde Magnetfelder? Derlei Einflüsse konnte man bald ausschließen, weil die unerklärliche Kraft auf beide Sonden gleichmäßig einwirkte.

Mit der Sherlock-Holmes-Methode

So ging man Ursache für Ursache durch. Alle möglichen Berechnungs- und Navigationsfehler wurden untersucht: die Erdbewegung im Bezug zur Raumsonde, die Berechnung der Zeitdaten, die Antennenanlage des Deep Space Network der Nasa, relativistische Effekte und noch vieles mehr. Irgendwann mussten die Experten schließlich zugeben, dass sie es mit einem unbekannten Phänomen zu tun hatten.

Aber war es ein generelles Phänomen, oder betraf es nur die beiden Pioneers?

Vielleicht gab es Vergleichsdaten anderer Raumfahrzeuge? Ideale Kandidaten wären die beiden Voyager-Sonden, die 1977 in das äußere Sonnensystem geschickt wurden und inzwischen ebenfalls die Bahn des Planeten Pluto weit hinter sich gelassen haben (Grafiken S. 23), oder auch Raumsonden wie Cassini und Ulysses. Da gibt es nur ein Problem: All die neuen Sonden sind viel aktiver, beweglicher, fortschrittlicher und über alle Achsen permanent lagegeregelt. Sie halten nicht still. Ständig drehen sie sich irgendwohin, messen, bremsen oder beschleunigen. Um es salopp auszudrücken: Sie übertönen den Effekt durch ihr Gezappel.

Bleiben also nur die Pioneer-Daten. Kein Problem, möchte man meinen. Man holt einfach die gespeicherten Telemetriedaten hervor und nimmt sie genau unter die Lupe. Doch so einfach ist das nicht, denn alle, die vor dem Jahr 1987 gesammelt wurden, liegen nicht in digitaler Form vor, sind weder geordnet noch bewertet. Sie sind auf alten Magnetbändern mit sieben respektive neun Datenspuren gespeichert, die in den Kellerräumen des Jet Propulsion Laboratory (JPL) in Pasadena, Kalifornien, liegen. Diese Daten müssen erst umgeschrieben und in brauchbare Form gebracht werden. Doch dafür hatte die Nasa kein Budget.

In diesem Dilemma kam ihr die Planetary Society zu Hilfe, die mit 100 000 Mitgliedern weltweit die größte Pro-Space-Vereinigung. Vor ihrem Hilfsangebot hatten die Nasa-Experten lediglich die Daten nach dem Jahr 1987 untersucht, die bereits digitalisiert vorlagen. Jetzt aber können auch alle anderen Telemetrie-Informationen im Detail analysiert werden, wie zum Beispiel die Temperatur- und Triebwerksdaten, die der Transmitter und der Isotopenbatterien. Sie werden in ein mit heutigen Mitteln auswertbares Format gebracht und allen Wissenschaftlern, die sich für die Pioneer-Anomalie interessieren, zugänglich gemacht.

Was ist die Pioneer-Anomalie?

So wird man vielleicht doch eines Tages die Erklärung für den seltsamen Effekt finden. Noch bleibt die – allerdings extrem geringe – Möglichkeit, dass die Anomalie tatsächlich irgendeinen trivialen Grund hat. Beispielsweise eine Wärmequelle, die rein zufällig in beiden Raumsonden eine genau gleich gerichtete Abstrahlung verursacht. Wie gesagt, die Möglichkeit ist äußerst gering, aber völlig sicher kann man sich erst dann sein, wenn die gesamten Telemetriedaten aus der Zeit vor 1987 akkurat durchgearbeitet und ausgewertet sind.

Bleibt die Anomalie auch dann bestehen, wird es wirklich spannend. Die Wis-

senschaftler suchen schon Erklärungen. Jede einzelne dieser Hypothesen verursacht eine Gänsehaut, denn sie laufen alle darauf hinaus, dass womöglich irgendetwas falsch ist an unserem bisherigen Verständnis der Naturgesetze.

Ist der Effekt ein erster unfreiwilliger experimenteller Nachweis heute noch spekulativer und hypothetischer Elemente einer neuen Physik? Ist die Pioneer-Anomalie vielleicht das Resultat von Kräften wie der mysteriösen Dunklen Materie und der Dunklen Energie? Müssen wir in die Konstanten von Masse und Gravitation in unserem Sonnensystem eine weitere Größe einfügen?

Wissenschaftler von der Universität von Portsmouth in England vermuten, dass das Pioneer-Rätsel etwas mit der Feinstrukturkonstante des Weltalls, kurz Alpha, zu tun haben könnte. Von nur wenigen Zahlen hängt das Schicksal des gesamten Universums stärker ab als von dieser. Wäre ihr Wert nur ein wenig anders, dann gäbe es keine Atome und somit kein Leben im Universum.

Interessant ist, dass der Wert der Anomalie in etwa dem Produkt aus der Hubble-Konstanten und der Lichtgeschwindigkeit entspricht. Damit stellt sich die Frage, ob sie in irgendeiner Weise mit der kosmischen Expansion zusammenhängt.

Oder kann man sie in Verbindung mit den Überlegungen der letzten Jahre bringen, die eine Ergänzung des Newton'schen Gravitationspotenzials durch einen weiteren Anteil vorschlagen? In der Teilchenphysik gibt es so etwas in Form des Yukawa-Potenzials, das die Abschirmung des elektrischen Felds eines geladenen Teilchens beschreibt. Womöglich könnte die Pioneer-Anomalie dadurch korrekt beschrieben werden.

Feintuning der Schwerkraft

Auch die Anpassung des Newton'schen Gravitationsgesetzes an die Beobachtungsdaten in einer Weise, dass bei Beschleunigungen unterhalb eines bestimmten Werts eine veränderte Formel gilt, könnte hier passen. Ein solcher Ansatz wurde ursprünglich vorgeschlagen, um die rätselhaften Rotationskurven der Galaxien zu erklären. Diese weichen durch das Vorhandensein Dunkler Materie von dem ab, was nur durch die Schwerkraft der Sterne zu erwarten wäre. Setzt man den zusätzlichen Parameter so an, dass die Zentrifugalbeschleunigung in den äußeren Galaxienbereichen konstant wird, so kommt man auf einen Wert, der sehr gut zu dem passt, was die Forscher bei den Pioneer-Sonden gemessenen haben.

Noch gibt es viele Hypothesen, von denen bisher keine beweisbar ist. Es gilt also weiterhin, mehr Daten zu sammeln.

Der wahren Ursache des Phänomens könnte man auch mit einer neuen Mission, die diesen mysteriösen Gravitationseffekt genau nachvollziehen soll, auf den Grund gehen. Die Kosten für eine spezielle Pioneer Anomaly Mission veranschlagen US-Wissenschaftler auf etwa 300 bis 500 Millionen Dollar. Ein solches Raumfahrzeug könnte huckepack, also als zweites kleineres Raumfahrzeug, bei einer der nächsten Deep-Space-Flüge im Rahmen des amerikanischen New-Frontiers-Programms ins äußere Sonnensystem auf die Reise geschickt werden. Etwa bei der in Planung befindlichen Neptun-Orbiter-Mission, die im Jahr 2016 zum äußersten Großplaneten unseres Sonnensystems gestartet werden soll.

Auch die europäischen Astronomen wünschen sich solch eine Mission. Die Planungen für die Deep Space Gravity Probe laufen bereits. Sie soll die anomale Beschleunigung überprüfen und präzisere Messdaten liefern, mit deren Hilfe man ihre genaue Richtung bestimmen kann. Das Problem für die Realisierung ist hier weniger das Budget als vielmehr der Umstand, dass dieses Raumfahrzeug für seine Stromversorgung eine nukleare Energiequelle benötigt, genauso wie die beiden Pioneers vor dreieinhalb Jahrzehnten. Und gegen die gibt es in Europa nach wie vor erhebliche Widerstände.

Immerhin – eine der beiden Raumsonden könnte innerhalb des nächsten Jahrzehnts auf die Reise gehen. Vielleicht liegen dann zum fünfzigsten Jahrestag des Starts von Pioneer 10 die ersten Erkenntnisse vor. <<

Eugen Reichl ist fasziniert von den Mysterien, auf die wir durch die Raumfahrt stoßen.

NASA, JPL

So groß wie ein Karussell – und dennoch ein Leichtgewicht: Pioneer 10 (links) bringt nur 258 Kilogramm auf die Waage. Die Daten, die er bis 1987 zur Erde schickte, sind auf Magnetbändern gespeichert und lagern in einem Keller des JPL (rechts).

Jupiter, Merkur und Mars vereint

Eine Reise durch den Planetariumshimmel führt in die Vergangenheit und in die Zukunft. >> Thomas de Padova

Plötzlich gehört das Firmament mir allein. 9000 Sterne, viel mehr, als man in einer klaren Winternacht mit bloßem Auge sehen kann! Und vor mir ein Pult voller blauer und roter Knöpfe.

Ich stehe unter der Kuppel des Planetariums am Insulaner in Berlin. Zaghaft blende ich mit Hilfe eines Projektors den Mond ein, dann die barocken Sternbilder. Vor der Tür spricht Jochen Rose, der Planetariumsleiter, in sein Mobiltelefon, während drinnen im Kuppelsaal allmählich der Mond in Fahrt kommt – und mit ihm das ganze Sternenkarussell. Im Osten gehen ständig neue Gestirne auf, jene im Westen sinken hingegen unter den Horizont. Nur ein Stern bleibt immer am selben Fleck, egal ob in dem Zeitrafferfilm eine Nacht vergeht, ein Jahr oder ein Jahrhundert.

Ein bemerkenswerter Stern! Während alle anderen Himmelsobjekte über den Nachthimmel zu fahren scheinen, weil sich unsere Erde einmal in 24 Stunden um ihre Achse dreht, steht er im Norden und lässt sich nicht aus der Ruhe bringen: der Polarstern, etwa 430 Lichtjahre (gut vier Billiarden Kilometer) von uns entfernt, doch einer der hellsten Sterne, weil er mit der Helligkeit von knapp 2000 Sonnen leuchtet. Die Pawnee-Indianer in Nebraska nannten ihn den »Stern, der nicht herumwandert«, Seefahrer benutzten ihn als Nord-Zeiger.

»Wir leben in einer Zeit, in der Polaris dem Himmelsnordpol am nächsten ist«, sagt Jochen Rose, als er ans Schaltpult zurückkehrt. »Die Rotationsachse der Erde zeigt nahezu exakt auf ihn.« Stünde über dem Himmelssüdpol ebenfalls ein heller Stern, könnte man die Drehachse unseres Globus zwischen dem südlichen und nördlichen Polarstern einspannen. Doch die entsprechende Stelle am Südhimmel ist dunkel.

Polaris ist leicht zu finden. Man benötigt zur Orientierung nur den Großen Wagen, das bekannteste Sternmuster am Nordhimmel. Es geht in unseren Breiten nie unter und gehört damit zu den zirkumpolaren Sternbildern. Bei klarem Himmel sehen wir die sieben Sterne des Wagens im Norden, alle 24 Stunden umrunden sie den Himmelsnordpol wie die Zeiger einer Uhr. Verlängert man die hintere Wand des Wagens fünfmal, trifft man auf den Polarstern.

Eine Unzahl an Sonnen

Selbst Großstädter können am Großen Wagen die ungefähre Zeit ablesen. Zwar ist der Himmel über den Metropolen und Ballungsräumen längst nicht mehr dunkel genug, dass die Milchstraße ihr wundervolles Licht entfalten kann. »Aber ein aufgehelltes Firmament verwirrt auch nicht durch eine Vielzahl von Sternen«, sagt Rose, »man sieht immer nur die lichtstärksten.«

Die meisten Menschen kennen den Großen Wagen und die Sternbilder Kassiopeia (das Himmels-W) und Orion. Damit erschöpfen sich ihre Kenntnisse vom >

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Wanderung am Firmament

Der Ort am Himmel, wo die Sonne zu Frühlingsbeginn steht, verschiebt sich allmählich. Lag er vor 2500 Jahren noch im Sternbild Widder (oben), so befindet er sich heute in den Fischen. Der Grund: Die Erdachse taumelt.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

> Nachthimmel auch schon. Es sind einfach zu viele Gestirne. Ist nicht einer wie der andere? Wann soll man wo nach welchem Sternbild suchen?

Anders als die Sterne verhalten sich die Planeten. Sie kreisen wie die Erde um die Sonne. Da sie dies in unserer unmittelbaren kosmischen Nachbarschaft tun, können wir ihre Bewegung deutlich wahrnehmen: Von einer Woche zur nächsten finden wir sie an einer etwas anderen Stelle des Firmaments.

Während die Sterne über die gesamte Himmelskugel verteilt sind, laufen die Planeten alle in einer Ebene um die Sonne. Sie bewegen sich innerhalb eines schmalen Streifens am Himmel: dem Tierkreis oder Zodiak. »Er ist die Rennbahn der Planeten«, sagt Rose.

Wildgetier, Frauen und mehr

Entlang dem Tierkreis liegen einige charakteristische Sternbilder. Dies sind: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann und Fische. Nach neuerer Einteilung, so Rose, gehört zu den zodiakalen Sternbildern noch ein dreizehntes: der Schlangenträger. Er steht mit seinen Füßen auf Skorpion und Schütze. »In früherer Zeit wurde er jedoch nicht dazugerechnet«, sagt Rose.

Die Tierkreis-Sternbilder belegen unterschiedlich große Abschnitte entlang der Ekliptik. Einige sind größer, andere kleiner. Trotzdem unterteilen Astrologen den Zodiak in zwölf gleich große Abschnitte und erhalten so die Tierkreiszeichen. Diese unterscheiden sich aber von den echten Sternbildern. Warum?

In der astrologischen Einteilung ist unberücksichtigt geblieben, dass die Erdachse in 26 000 Jahren eine Kreiselbewegung vollführt – die so genannte Präzession. Diese bewirkt, dass sich die jahreszeitliche Stellung des Tierkreises langsam verschiebt. Stand die Sonne vor gut 2500 Jahren zum Frühlingsanfang noch im Sternbild Widder, befindet sie sich heute zum Frühlingsanfang in den Fischen. Und bald wird sie mit dem beginnenden Frühling im Wassermann stehen. Die Sonne wechselt im Schnitt alle 2166 Jahre das Sternbild, in dem sie zum Frühlingsstart steht, und kommt erst nach 26 000 Jahren wieder zum Ausgangspunkt zurück. Auch der Polarstern wird in wenigen tausend Jahren nicht mehr genau im Norden liegen.

Wenn heute jemand davon spricht, er sei im Zeichen des Widders geboren, dann meint er damit den Zeitraum vom 21. März bis zum 20. April. Das entspricht der astrologischen Einteilung, die dem Tierkreiszeichen Widder den Zeitraum zwischen eben jenen Tagen einräumt. Tatsächlich steht die Sonne in heutiger Zeit aber erst zwischen dem 18. April und dem 13. Mai im Sternbild Widder (»Aries«).

Die astrologische Datierung stammt noch aus der Zeit der alten Griechen. Mittlerweile stimmt sie mit dem echten Sternhimmel nicht mehr überein. Westliche Astrologen betrachten den Tierkreis daher als reinen Messkreis und sprechen vom tropischen Tierkreis. Um die Abweichung vom realen Himmel zu begründen, heißt es im Grundsatzpapier astrologischer Vereinigungen: »Die in Jahrtausenden gewonnene Erfahrung hat gezeigt, dass die Stellung der Gestirne unseres Sonnensystems im tropischen Tierkreis zu treffenderen Deutungen führt (als ihre tatsächliche Stellung am Sternhimmel, Anm. der Red.).«

Die allmähliche Verschiebung des Tierkreises spielt für die Astrologen jedoch in anderer Hinsicht eine große Rolle. Sie werde »mit epochalen Veränderungen auf der Erde in Verbindung gebracht«, heißt es – eine Brücke zur New-Age-Bewegung, die im heraufziehenden »Zeitalter des Wassermanns« einen neuen Menschen prophezeit.

Eine kalte Nacht im Warmen

Jochen Rose blendet den Tierkreis aus und projiziert den Lauf der Gestirne für die Nacht auf den 10. Dezember an die Kuppel. Ein meterhoher Projektor wirft die Lichtpunkte an die Decke, ich lege den Kopf im Kippsessel zurück und tauche in den Himmel. Nachdem die Sonne bereits vor 16 Uhr untergegangen ist, strahlt das sternübersäte Firmament so brillant, wie es die alten Griechen gesehen haben. Der Polarstern, der Große Wagen, Andromeda, sie alle sind im Norden an ihrem Platz.

Ich genieße es, wie die simulierte Nacht unter der Kuppel verstreicht. Langsam nähert sich der Morgen. Da, etwa eine Stunde vor Sonnenaufgang, erscheint in südöstlicher Richtung eine seltene Konstellation. Merkur, Jupiter und Mars erheben sich fast gleichzeitig über den Horizont. Sie stehen äußerst dicht zusammen, befinden sich allesamt in einem Himmelsgebiet mit einem Durchmesser von lediglich einem Grad. Am hellsten strahlt Jupiter mit –1,7ter, gefolgt von Merkur mit –0,5ter Größe. Das Schlusslicht bildet Mars mit 1,5ter Größe.

Der Rote Planet befindet sich an diesem Tag fast so weit entfernt von uns wie nur irgend möglich. Er steht in Konjunktion, das heißt von uns aus gesehen auf der anderen Seite der Sonne. Deshalb erscheint er so lichtschwach. Die Konjunktionsstellung nimmt er – wie auch die Opposition – etwa alle zwei Jahre ein.

Das himmlische Trio Jupiter-Merkur-Mars lässt sich am 10. Dezember in der Stunde vor Sonnenaufgang beobachten. Es geht zwischen den Himmelsrichtungen Ostsüdost und Südost auf. Dann steht es allerdings bis zum Erscheinen unseres Zentralsterns sehr dicht über

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Der Wassermann in der windigen Stadt Dieses Sternbild-Relief des Aquarius ziert das Foyer des berühmten Adler-Planetariums in Chicago, Illinois.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Der Tierkreis ist die Grundlage von Horoskopen. Aus der Stellung der Planeten in ihm deuten Astrologen vielerlei. Die Symbole des Kreises stammen aus der Antike, von Hochkulturen wie den Babyloniern.

dem Horizont. Sterngucker werden den richtigen Beobachtungsort und einen klaren Himmel ohne zusätzliche Lichtverschmutzung benötigen, um die ungewöhnliche Planetenansammlung erspähen zu können.

Unter diesen drei Wandelsternen kennen wir den Mars am besten. Seine Oberflächenstrukturen lassen sich selbst von der Erde aus untersuchen. Durch leistungsfähige Teleskope hindurch erkennen wir seinen Nordpol als kleine, helle Eiskappe. Das Eis am Südpol hat sich hingegen weit gehend zurückgezogen. Mit einem guten Teleskop können wir den Wechsel seiner Jahreszeiten über Millionen Kilometer hinweg erkennen!

Der Mars ist aber auch seit Jahrzehnten das Ziel von Raumsonden und Landefähren. Vor drei Jahren schwenkte erstmals ein europäischer Orbiter in seine Umlaufbahn ein: der inzwischen berühmt gewordene Mars-Express (siehe AH 4/2006, S. 26). Er kreist noch heute um den Planeten und schickt uns vertraut erscheinende Bilder von dessen Canyons, Vulkanen und Polargebieten.

Im November nimmt der Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) der Nasa seine Arbeit auf, der bereits um den Roten Planeten kreist. Seine äußerst leistungsfähige Kamera befähigt ihn, noch einen Meter große Strukturen auf der Marsoberfläche abzubilden. Vieles spricht dafür, dass der MRO überraschende Details des Planeten offenbaren wird.

Immer tiefer blicken wir ins All, immer mehr Einzelheiten erfahren die Wissenschaftler über die Himmelskörper unseres Sonnensystems. Zwar haftet den Sternen noch heute der Hauch des Mysteriösen an, das die Menschen vergangener Jahrhunderte ehrfürchtig zum Himmel blicken ließ. Doch Stück für Stück kommen wir den Geheimnissen des Kosmos auf die Spur. Eine spannende Erkundungsreise, die noch lange nicht zu Ende ist. <<

Thomas de Padova ist Wissenschaftspublizist in Berlin.

Start frei für den Shuttle!

Vor 25 Jahren schrieb der Jungfernflug des ersten wiederverwendbaren Raumfahrzeugs Geschichte. **>> Colin Burgess**

Hallo Houston, hier Columbia!« John Young, der altgediente Astronaut und Kommandant der Mission, klang verblüffend ruhig, als sein Signal am 12. April 1981 nach 15-minütiger Funkunterbrechung endlich durchkam. Die Mitarbeiter der Kontrollstation schrien vor Freude, Stolz und Erleichterung. Sie schüttelten sich die Hände, fielen sich in die Arme und holten die Zigarren hervor. Minuten später beobachteten sie mit verhaltener Begeisterung auf ihren Bildschirmen, wie der Spaceshuttle sich aus dem blauen Himmel herausschälte und der Landebahn im trockenen Seebett der Mojavewüste entgegeneilte.

Als die Columbia an Geschwindigkeit verlor, donnerte der laute Überschall-Doppelknall über die Wüste. »Was für eine Art, nach Kalifornien zu kommen!«, lachte der Pilot Bob Crippen. Als nur fünf Minuten danach das Heckfahrwerk des Orbiters den Boden berührte, jubelten die 500 000 Zuschauer an der Landebahn ausgelassen. Neun Sekunden später setzten die Bugräder auf und nach einer kurzen Ausrollphase stand das neueste US-Raumfahrzeug ruhig in der flimmernden Wüstenluft. »Willkommen daheim, Columbia«, rief eine überschwängliche Stimme aus dem Kontrollzentrum zur Begrüßung, »wunderbar, wunderbar!«

Die sichere Rückkehr der Columbia zur Erde markierte das Ende der Pionierphase des US-Raumfahrtprogramms. Vorbei waren die Zeiten der ins Meer platschenden Einwegkapseln und der großen lutscherfarbengestreiften Fallschirme. Ein neues Zeitalter war angebrochen – die Ära der Raumfahrzeuge mit Tragflächen, die wie Flugzeuge auf einer normalen Landebahn aufsetzten und für Duzende von Einsätzen ausgelegt waren.

Aufbruchstimmung

Ungeheure Fortschritte waren in den ersten zwei Jahrzehnten bemannter Raumfahrt erzielt worden, doch die Amerikaner strebten nach Höherem. Die Columbia war weit mehr als nur ein äußerst komplexes Raumschiff mit Flügeln. Sie lieferte den Bürgern der Vereinigten Staaten von Amerika die heiß ersehnte Bestätigung ihres technologischen Könnens

Heiße Sache

Der Spaceshuttle verfügt über drei Haupttriebwerke, die beim Start von einem externen Treibstofftank versorgt werden. Bei vollem Schub leisten sie 27 500 Megawatt oder 37 Millionen PS. Der flüssige Wasserstoff, der sie antreibt, ist auf –252 °C heruntergekühlt, doch in den Brennkammern herrschen Temperaturen von bis zu 3350 °C (mehr als der Schmelzpunkt von Eisen). Die Hochdruck-Turbopumpen, die die Triebwerke speisen, rotieren mit 37 000 Umdrehungen pro Minute. Eine allein könnte eine Säule aus flüssigem Stickstoff 58 Kilometer hoch in die Luft schleudern.

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: NASA

Ein neue Ära der Raumfahrt hatte begonnen Eine Maschine, die wie eine Rakete startet (ganz links) und wie ein Flugzeug landet (rechts): Der Spaceshuttle war Amerikas neue Hoffnung für die Zukunft im Weltraum. Die Systeme der Columbia wurden nicht nur auf der Erde, sondern auch zwei Tage lang in der Erdumlaufbahn getestet (kleine Bilder) . Das Raumschiff bestand die Prüfung mit Bravur.

zu einer Zeit, als viele genau diese Fähigkeit in Frage stellten. Vorausgegangen waren die demütigenden Niederlagen des Vietnamkriegs, der erst sechs Jahre zuvor beendet worden war. Hinzu kam noch der Absturz amerikanischer Rettungshubschrauber in der Wüste Irans und die partielle Kernschmelze eines Atomreaktors auf Three Mile Island. Und Detroit, die Hauptstadt der Autoindustrie, zitterte immer noch unter dem Ansturm importierter japanischer Autos.

In den Jahren davor waren bereits Anflug und Landung vom Rücken einer modifizierten Boeing 747 als Trägerflugzeug mit einem Prototyp erfolgreich getestet worden. Doch die antriebslose Raumfähre Enterprise, deren Name der Sciencefictionserie Star Trek entstammte, eignete sich nicht für Ausflüge ins All. Mit der Columbia war zum ersten Mal eine Raumfähre in eine Erdumlaufbahn geschickt worden – mit zwei der besten Nasa-Astronauten am Steuer.

Für den 50-jährigen Kommandanten John W. Young war es schon der fünfte Weltraumflug. Zuvor war er bereits zwei Gemini-Einsätze geflogen und hatte im Rahmen des Apollo-Programms zwei Reisen zum Mond absolviert – bei Apollo 16 inklusive einer Landung. Sein 43 Jahre alter Pilot Robert L. Crippen war vorher noch nie im Weltraum gewesen. Die erste Columbia-Mission sollte zeigen, dass die Raumfähre und ihre Besatzung sicher starten und landen konnten, und zudem überprüfen, ob das gesamte System aus Raumfähre, Feststoffraketen und externem Treibstofftank so wie vorgesehen funktionierte. Es befanden sich nur zwei Nutzlasten an Bord: Das Flugüberwachungssystem (Development Flight Instrumentation) und das Aerodynamic Co- >

> efficent Identifications Package (ACIP), beide ausgestattet mit Sensoren und Messinstrumenten, um Temperaturen, Belastungen und Beschleunigungswerte aufzuzeichnen. Nie zuvor hatte ein für die bemannte Raumfahrt konstruiertes amerikanisches Raumfahrzeug bereits auf seinem Jungfernflug Menschen transportiert. Deshalb wurde die Columbia mit Schleudersitzen bestückt, die für das Überschallspionageflugzeug SR71, den Blackbird, entwickelt worden waren. Damit hätten Young und Crippen eine gewisse Chance gehabt, sich zu retten, falls es zu Zwischenfällen während des Aufstiegs gekommen wäre – bei Geschwindigkeiten von bis zu Mach 3 – oder wenn die Raumfähre nach ihrem Wiedereintritt in die Erdatmosphäre, abgebremst auf nahezu Schallgeschwindigkeit, keine Landebahn in Reichweite gehabt hätte.

Nach insgesamt vier Testflügen wurde der Shuttle für funktionstüchtig erklärt und die beiden Schleudersitze inaktiviert. Sie waren so schwer, dass sie nicht für jeden Astronauten einer erweiterten Besatzung zur Verfügung gestellt werden konnten. Nach dem neunten Flug wurden sie im Jahr 1983 schließlich komplett entfernt. STS-9 war gleichzeitig die erste Spacelab-Mission. An ihr nahm auch der Deutsche Ulf Merbold teil. Das Spacelab war ein gemeinsames Projekt von Nasa und Esa, das den Shuttle mit einem Labor für Experimente in der Schwerelosigkeit ausstattete.

Zwanzig Jahre nach Gagarin

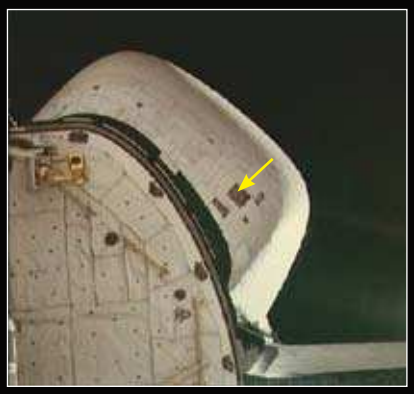
Der Count-down der Columbia war von einer Reihe technischer Probleme überschattet und ein Zeitabstimmungsfehler im Computersystem verschob den Start um zwei Tage. Schließlich war es so weit. Am 12. April 1981 genau drei Sekunden nach sieben Uhr hob das Raumschiff von der Abschussrampe 39A von Cape Canaveral ab: zufällig auf den Tag genau zwanzig Jahre, nachdem Juri Gagarin in seinem Wostok-Raumschiff als erster Mensch die Erdumlaufbahn erreicht hatte.

Für die Techniker vom Cape kam es nicht überraschend, dass Columbias 2,9 Millionen Kilogramm Schubkraft nicht viel von der Startrampe übrig ließen. Weiße, bis zu 3300 °C heiße Flammen quollen unter den Feststoffraketen hervor. Sie verkohlten Kabel, brachten Sprinkleranlagen zum Schmelzen und versengten Gras im Umkreis von über einem Kilometer. Die extreme Druckwelle beschädigte Lampen und Feuermelder. Die Türen der Schalt- und Sicherungskästen waren aus ihren Halterungen gerissen und die Aufzugtüren hatten sich in ihrem Rahmen verzogen. Wie eine Untersuchung ergab, hielt sich der Gesamtschaden an der Startrampe innerhalb der erwarteten Grenzen.

Columbias Namensgeber

Der Spaceshuttle wurde nach einer Schaluppe aus Boston benannt. Mit dieser erkundete 1792 Kapitän Robert Gray den Fluss Columbia in British-Columbia und hatte zwei Jahre davor die erste Weltumseglung von Amerika aus beendet. Zudem gilt Columbia als die weibliche Verkörperung der Vereinigten Staaten, in Anlehnung an den Entdecker Christoph Kolumbus.

Bob Crippen (links) und John Young beim Ankleiden am Tag des Starts



Einige Hitzeschutzkacheln

(Bild oben, Pfeil) lösten sich beim Start unter den enormen Belastungen von den Triebwerksverkleidungen des Raumschiffs (Bild unten). Glücklicherweise bedeutete ihr Verlust keine Gefahr für den Shuttle.

Kaum 45 Minuten nach dem Start umrundete die Columbia die Erde in einer Entfernung von 240 Kilometern, bei Tagesende waren es 270 Kilometer. Nur ein paar kleinere Probleme tauchten auf. Während ihrer ersten vollen »Nacht« im All klagten die beiden Astronauten über die Kälte in der Kabine. Dieser Missstand wurde vom Bodenpersonal behoben, indem es warmes Wasser in den Temperaturregler der Kabine pumpen ließ. Young und Crippen gelang es allerdings nicht, einen defekten Flugschreiber zu reparieren, weil die Schrauben seiner Abdeckung zu fest angezogen waren – in der Schwerelosigkeit konnten die Astronauten einfach nicht genügend Drehmoment aufbringen, um sie zu lösen. Erst nach der Landung konnte die Klappe wieder geöffnet werden.

Das gravierendste Problem trat in der zweiten Nacht auf, als ein Alarmsignal ertönte und ein Warnlicht zu blinken begann. Beide zeigten eine Fehlfunktion in einem Heizelement eines der Bordaggregate für das Hydrauliksystem an, das das Fahrwerk und die Höhenruder (die Klappen an den hinteren Flügelkanten) der Tragflächen kontrollierte. Die Störung war jedoch nicht allzu tragisch: Sie ließ sich durch die Betätigung eines Schalters schnell beheben, sodass der Flug nicht beeinträchtigt wurde.

Einige unspektakuläre Kinderkrankheiten

Wie die Besatzung bemerkte, fehlten einige Hitzeschutzkacheln am Heck, die zweifellos beim Start verloren gegangen waren. Nach einer Besprechung mit der Bodenstation kam man aber zu dem Schluss, dass der sichere Wiedereintritt in die Erdatmosphäre nicht beeinträchtigt werden dürfte, da zum Glück nur Kacheln an unkritischen Bereichen betroffen waren.

Während dieses Flugs gab es keine nennenswerten wissenschaftlichen Aufgaben. Es ging vielmehr darum, die Systeme des Shuttles eingehend zu überprüfen. Die Tore der Ladebucht etwa wurden zweimal geöffnet und geschlossen und somit deren Funktionstüchtigkeit unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit überprüft.

Am zweiten Tag, eine gute Stunde vor der planmäßigen Landung, gaben Young und Crippen noch eine Serie von Kommandos in das Leitsystem des Computers ein, das den größten Teil der Wiedereintrittsphase kontrollierte. Kleine Raketendüsen traten in einer Serie von kurzen Feuerstößen in Aktion und drehten das Raumschiff um 180 Grad, bevor die Triebwerke der Hauptraketen 147 Sekunden lang feuerten, um das Fahrzeug abzubremsen. Zwanzig Minuten später, in 120 Kilometer Höhe und bei einer Geschwindigkeit von 27200 Kilometern pro Stunde, begannen für die Columbia die entscheidenden und qualvollsten Minuten ihrer Rückkehr. Die Funkverbindung war infolge der elektromagnetischen Störungen ausgefallen, die auftreten, wenn ein Raumschiff während des Wiedereintritts in die Erdatmosphäre von einem riesigen Feuerball umgeben ist.

In den folgenden 17 Minuten warteten die Verantwortlichen der Flugkontrolle nervös auf das Ende der Interferenzen, bis Youngs ruhige Begrüßung endlich die Funkstille durchbrach und die Spannung löste. Die Columbia wandelte sich jetzt von einem Raumschiff zu einem antriebslosen Segelflieger. Die Computer steuerten das Raumschiff durch eine vorprogrammierte Serie von Kurven, um wie ein wedelnder Skifahrer die Geschwindigkeit zu verringern. Alles verlief nach Plan. In etwa 3700 Meter Höhe übernahm Young den manuellen Landeanflug. Er bediente Landeklappen, Höhen- und Seitenruder sowie Bremsklappen für das komplizierte letzte Stück zur Erde. Er hatte nur einen Versuch, um das Raumschiff aufzusetzen, eine Aufgabe, die er mit großer Präzision bewältigte. Der Shuttle muss möglichst genau bei 345 Stundenkilometern gehalten werden – fast 50 Stundenkilometer schneller als ein kommerzielles Düsenflugzeug.

Wie die Inspektion nach dem Flug ergab, hatte die starke Erschütterung bei der Zündung der Feststoffrakete 16 Hitzeschutzkacheln losgeschlagen und wei- >

Erste unter Gleichen

John Young (links) flog im November 1983 noch einen zweiten Einsatz als Kommandant der Columbia (STS-9), bei dem zum ersten Mal das Weltraumlabor Spacelab an Bord war. Es war sein sechster und letzter Flug ins All. Vor dem Verlust der Challenger im Januar 1986 war er für eine weitere Mission vorgesehen. Er blieb bis Dezember 2004 beruflich aktiv und trat im Alter von 74 Jahren in den Ruhestand, nach über 40 Jahren bei der Nasa. Bob Crippen (rechts) flog noch drei weitere Shuttleflüge, alle als Kommandant der Challenger. Danach übernahm er leitende Aufgaben in der Nasa und in der Raumfahrtindustrie.

»Was für eine Art, nach Kalifornien zu kommen!«
Young und Crippen steigen nach dem Jungfernflug aus der Raumfähre.

> tere 148 beschädigt. Davon abgesehen hatte die Raumfähre ihren Jungfernflug mit Bravur gemeistert.

Der Riesenerfolg des Columbia-Erstflugs gab den US-Amerikanern ihr Selbstvertrauen zurück und sie hatten wieder etwas, zu dem sie aufsehen konnten – ein vollkommen neuartiges Raumschiff, geflogen von zwei unglaublich tapferen Astronauten. Der erleichterte Präsident Ronald Reagan sagte zu Young und Crippen: »Dank Ihnen fühlen wir uns wieder als Giganten.«

Das Ende des Traums

Die Columbia dockte nie an die Internationale Raumstation an, wenngleich ein Flug für Ende 2003 angesetzt war. Zu der Besatzung sollte auch die Lehrerin Barbara Morgan gehören. Weil die Columbia geringfügig schwerer war als die anderen Shuttles, musste sie keine Schwerlasttransporte übernehmen. Stattdessen wurde sie vorwiegend für wissenschaftliche Experimente auf Langzeiteinsätzen im Weltraum verwendet. Im Lauf von 28 Einsätzen kamen so dreihundert Flugtage zusammen – mehr als bei jedem anderen Shuttle. Zu ihren Erfolgen gehört etwa die Stationierung des Röntgenobservatoriums Chandra, die Wartung des Hubble-Weltraumteleskops und die zweite deutsche Spacelab-Mission D2. Im Rahmen einer 145 Millionen US-Dollar teuren Wartung im Jahr 2001 wurde die Raumfähre schließlich so ausgerüstet, dass sie die Internationale Raumstation erreichen und an sie andocken konnte.

Am 1. Februar 2003 verglühte Amerikas erster funktionstüchtiger Spaceshuttle beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre über Texas mitsamt seiner Besatzung. Die Ursache hierfür waren beschädigte Hitzeschutzkacheln, ein Problem, das bereits während des ersten Flugs aufgetreten war – allerdings ohne tragische Folgen. Mit dem Tod der sieben Astronauten verlor die Nation auch das Flaggschiff ihrer Flotte – ein Stück Geschichte mit Persönlichkeit und ein futuristisches Gerät, basierend auf der Technologie der 1970er Jahre.

Der inzwischen in den Ruhestand getretene Startdirektor Bob Sieck räumte ein, dass es aus Pietät gegenüber den umgekommenen Besatzungsmitgliedern unangemessen erscheinen mag, über den Verlust eines Raumschiff zu sprechen. Doch erinnerte er sich an den Tag, als die Columbia erstmals in den Himmel stieß. »So schwierig es war, sie nach zwei- bis dreijähriger Bauzeit von der Erde abzuheben zu lassen; die Euphorie, als das Raumschiff sicher in die Erdumlaufbahn und wieder sicher nach Hause gelangte, war Lohn genug für all die Mühe.«

Crippen hatte immer eine Schwäche für die Columbia gehabt, auch wenn sie keine Schönheitskönigin war. »Über ihr behäbiges Hinterteil wurden oft Witze gemacht, aber vielen von uns geht es doch ebenso«, sinnierte er nach dem tragischen Unfall. »Viele sagten, sie sei alt und nicht mehr zeitgemäß. Doch hatte sie kaum ein Viertel der ihr zugedachten Dienstzeit hinter sich. Die Columbia hatte immer noch viele großartige Einsätze vor sich.«

Bei ihrem Absturz am Ende ihres 28. Einsatzes hatte sie 300 Tage im Weltraum verbracht, 4808-mal die Erde umrundet, dabei über 200 Millionen Kilometer zurückgelegt und – ihre letzte Besatzung eingerechnet – insgesamt 160 Menschen in den Orbit gebracht. Als sie auf ihrem letzten Flug die Erde umkreiste, priesen die Astronauten der STS-107 wiederholt das prächtige Panorama, das die Fenster des Shuttles ausfüllte. Dieses eine unvergessliche Geschenk hat die Columbia all ihren Passagieren hinterlassen. <<

Colin Burgess ist Raumfahrthistoriker in Sidney und schrieb mehrere Bücher über Raumfahrt und Astronautik.

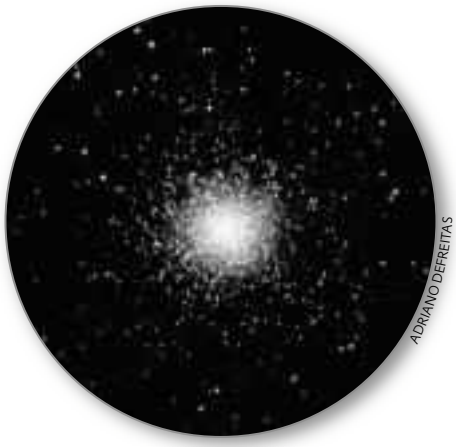
Literaturtipps:

- Colin Burgess, David J. Shayler: NASA's Scientist-Astronauts. Springer, 2006
- Günter Siefarth: Geschichte der Raumfahrt. C.H. Beck, München 2001
- Tony Reichhardt (Hg.): Erlebnis Space Shuttle – Astronauten berichten. Motorbuch Verlag, Stuttgart 2005

Mehr Informationen zu diesen Büchern finden Sie unter www.science-shop.de.

Messiers Spuren rund um Pegasus

Nahe dem Herbstviereck warten einige schöne, aber kaum bekannte Messier-Objekte auf Beobachter. **>> Sue French**



ADRIANO DEFREITAS

BOB AND JANICE FERA

Wie falsche Kometen wirken M15 (oben) und M2 (unten) in kleinen Optiken. Um sie wie hier vollständig aufzulösen, benötigen Sie mindestens 150 Millimeter Öffnung.

Einmal alle Messier-Objekte beobachten – das ist ein schönes Ziel und eine gute Möglichkeit, um Beobachtungserfahrung zu sammeln. Dafür benötigen Sie lediglich ein ordentliches Drei-Zoll-Teleskop (75 Millimeter) und einen einigermaßen dunklen Himmel. Dieses Mal wollen wir vier von Messiers Schätzen von Pegasus bis hinunter zum Steinbock aufstöbern. Während zwei davon für ein kleines Fernrohr leichte Beute sind, stellen die beiden anderen eine gewisse Herausforderung dar. Beginnen wir im Pegasus, der das hellste und einfachste dieser vier enthält: den Kugelsternhaufen M15.

Die Entdeckerehre gebührt in diesem Fall allerdings nicht Charles Messier. Jean-Dominque Maraldi entdeckte ihn gleichzeitig mit M2, als er de Chéseauxs Komet suchte, der im August 1746 erstmals beobachtet wurde. Er beschrieb M15 am 7. September 1746 als »recht hellen, nebligen Stern, der aus vielen Sternen besteht« – eine etwas paradoxe Formulierung.

Halten Sie westlich der Nüstern des Flügelrosses Pegasus Ausschau nach M15. Er hat wohl das kompakteste Zentrum von allen Kugelsternhaufen unserer Galaxis. Möglicherweise ballten sich seine Sterne bereits in den ersten Millionen Jahren seiner zwölf Milliarden Jahre dauernden Geschichte in seinem Innern. Obwohl bislang noch in keinem Kugelsternhaufen ein Schwarzes Loch bestätigt wurde, gilt M15 als guter Kandidat. Vielleicht enthält er eines mit 2000 Sonnenmassen. Es wäre aber auch denkbar, dass sein Kern nur wegen einer hohen Anzahl von Sternleichen wie etwa Neutronensternen so dicht ist.

M15 ist außerdem der erste Kugelsternhaufen, in dem man einen Planetarischen Nebel fand: Pease 1. Diese Sternleiche ist bereits in Zehn-Zoll-Teleskopen sichtbar, dennoch ist sie auch für große Amateurteleskope kein leichtes Ziel.

Südwestlich des Herbstvierecks starten wir unsere Beobachtungsnacht.

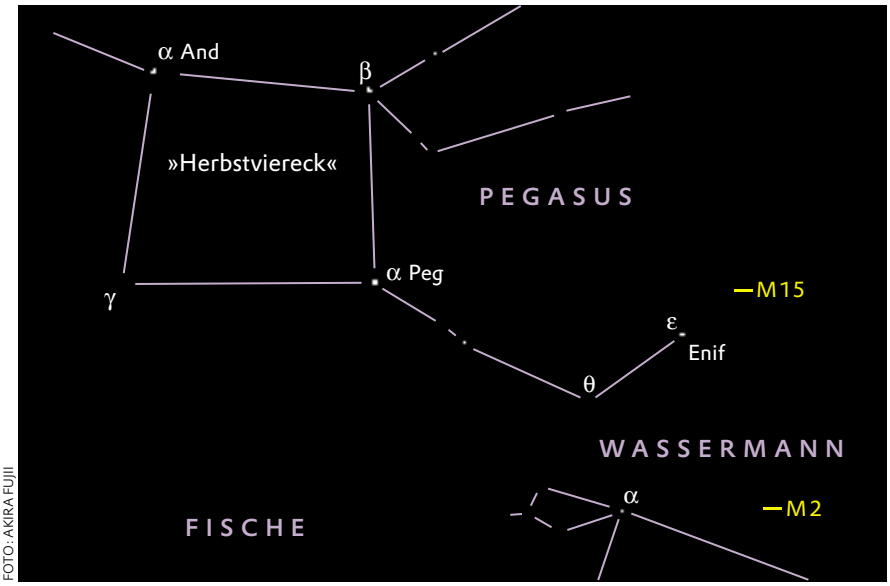


FOTO: AKIRA FUJII

Sie finden M15 am besten, indem Sie eine Linie von Theta (θ) zu Epsilon Pegasi (ε Peg) ziehen und um etwas mehr als die Hälfte verlängern. Mit 6,4ter Größe wurde er unter einem sehr dunklen Himmel sogar schon mit bloßem Auge erspäht. Im Sucher eines Teleskops ähnelt M15 einem unscharfen Stern. Mein 14×70-Feldstecher zeigt einen recht hellen, runden Nebelfleck, der einen sehr kleinen, auffälligen Kern umgibt. In meinem Vier-Zoll-Refraktor (zehn Zentimeter) erscheint er bei 47facher Vergrößerung körnig. Bei 200fach wirkt er oval und zeigt am Rand erste Sterne, das Zentrum kann jedoch nicht aufgelöst werden.

Unser nächster Kugelsternhaufen, M2, liegt 13 Grad südlich von M15 und bildet ein fast rechtwinkliges Dreieck mit Alpha (α) und Beta Aquarii (β Aqr). Er ist in Größe, Helligkeit und Entfernung (38 000 Lichtjahre) beinahe identisch mit M15, jedoch weniger dicht. Bei 20facher Vergrößerung erscheint er in einem 2,8-

Zoll-Teleskop (sieben Zentimeter) als heller, runder Lichtfleck um einen sternähnlichen Kern. Im 14×70-Fernglas ist der Kern auffälliger und fast punktförmig. Bei 200facher Vergrößerung wirkt M2 deutlich oval und durchsetzt von einer Vielzahl schwacher Sterne.

Mit M72 und M73 stehen zwei unauffällige Messier-Objekte im Südwesten des Sternbilds Wassermann. Wenn Sie den gesamten Messier-Katalog beobachten wollen, müssen Sie sich auch an diese anspruchsvolleren Ziele heranwagen.

M72 befindet sich 3,3 Grad südsüdöstlich des Sterns Epsilon Aquarii (ε Aqr, 3,8te Größe) und ist mit 9,8er Größe der schwächste Kugelsternhaufen auf Messiers Liste. Stolze 55000 Lichtjahre trennen uns von ihm, daher ist er in einem kleinen Teleskop nur sehr schwer aufzulösen. Mein Siebzig-Millimeter-Feldstecher zeigt einen winzigen und unscheinbaren Lichtfleck. Fünf Bogenminuten neben ihm ist ein Stern 9,4ter Größe. Bei 127facher Vergrößerung wirkt er in meinem Vierzöller körnig, lässt jedoch keine einzelnen Sterne erkennen.

Für Fortgeschrittene

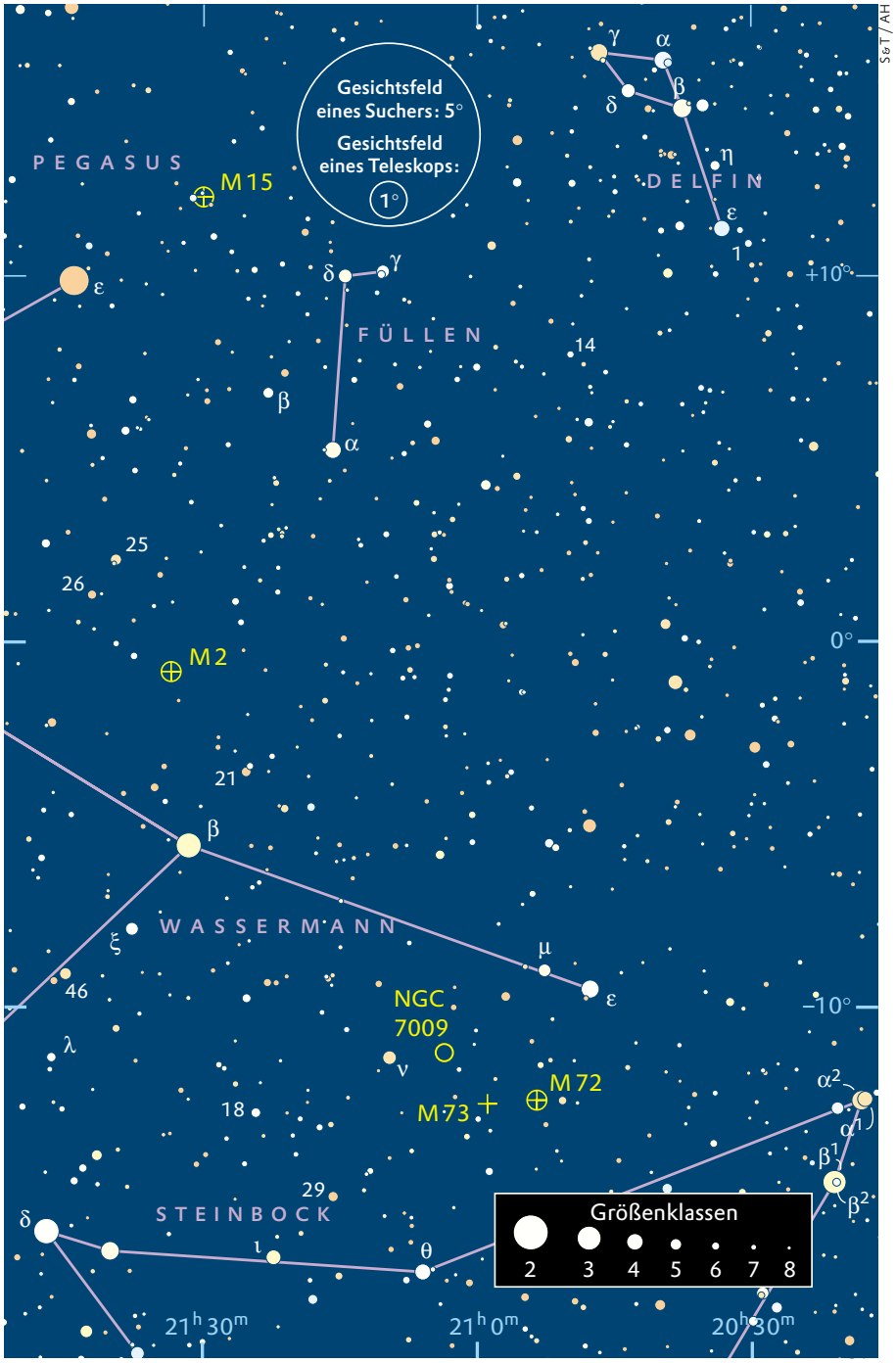
M73, unser letztes Messier-Objekt, liegt 1,3 Grad östlich von M72. Er wird meist als Asterismus bezeichnet, also als Muster aus Sternen, die zufällig in derselben Blickrichtung stehen. Einige Quellen halten ihn aber auch für einen Mehrfachstern oder den Überrest eines offenen Sternhaufens. Er besteht aus vier Sonnen mit den Helligkeiten 10,3, 11,1, 11,9 und 11,9. Diese bilden ein Y. Die ganze Gruppe ist nur eine Bogenminute groß. Vergrößern Sie etwa 100fach, um einen dunkleren Himmelshintergrund zu erzielen.

Falls Ihnen M73 noch nicht anspruchsvoll genug war, versuchen Sie Ihr Glück einmal an NGC 7009 (Caldwell 55), dem Saturnnebel. Mit einem Okular, das ein Gebiet von etwa einem Grad zeigt, können Sie ihn per Star-Hopping finden. Wenn Sie M73 am Westrand des Gesichtsfelds platzieren, erscheint an der gegenüberliegenden Seite ein Stern 7,1ter Größe. Bringen Sie ihn an den Südrand und suchen Sie ganz im Norden einen weiteren Stern 7,0ter Größe. Wenn Sie diesen schließlich an den Südwestrand bringen, ist NGC 7009 mit 8,3ter Größe das hellste Objekt im Nordosten. Bei 29facher Vergrößerung erscheint er in meinem Vierzöller punktförmig; bei 153fach ist er klein, oval und blaugrau. Die schwachen Ausläufer, die NGC 7009 (Caldwell 55) sein saturnähnliches Aussehen verleihen, sind in Teleskopen mit weniger als zehn Zoll (150 Millimeter) Öffnung nur schwer zu erkennen. <<

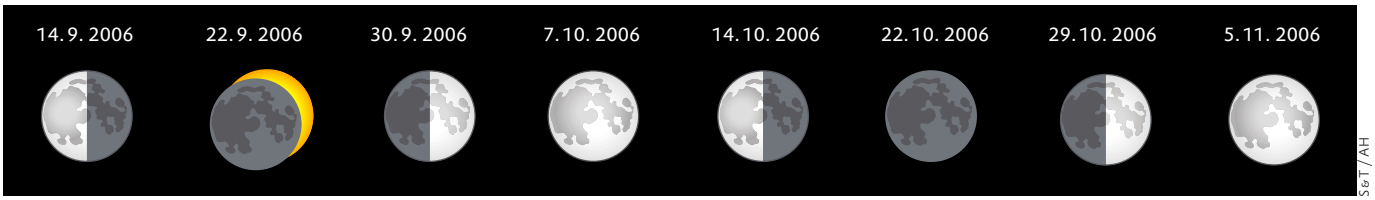
Sue French freut sich über Beobachtungstipps auf Englisch an scfrench@nycap.rr.com.

Sehenswürdigkeiten in Pegasus und Wassermann

Objekt	Typ	Mag.	Entfernung (Lichtjahre)	Rektaszension	Deklination
M15	Kugelsternhaufen	6,2	34000	21h30,0m	+12°10′
M2	Kugelsternhaufen	6,5	38000	21h33,5m	–0°49′
M72	Kugelsternhaufen	9,3	55000	20h53,5m	–12°32′
M73	Sternmuster	9,0	–	21h00,0m	–12°38′
NGC 7009	Planetarischer Nebel	8,3	3000	21h04,0m	–11°22′



Am Herbsthimmel stehen die Objekte im Süden. Die Kreise zeigen das typische Gesichtsfeld eines Suchers und das eines kleinen Teleskops bei niedriger Vergrößerung.



Sternbilder in allen Größen

Während sich unauffälligere Herbststernbilder am Südhimmel breit machen, steht das Sommerdreieck noch hoch im Westen.

>> Fred Schaaf

Eins der Erkennungsmerkmale des Sommers ist das ausgedehnte Dreieck aus Wega (Alpha Lyrae, α Lyr) in der Leier, Deneb (Alpha Cygni, α Cyg) im Schwan und Atair (Alpha Aquilae, α Aql) im Adler. In diesem Monat finden Sie es auf unserer Übersichtskarte immer noch hoch im Westen. So bleibt uns genügend Zeit, um drei kleine, aber feine Sternbilder in ihm und in seiner Umgebung zu betrachten, bevor sie im Lauf der Nacht untergehen.

Der Pfeil (»Sagitta«, Sge) und das Füchschen (»Vulpecula«) liegen zum größten Teil innerhalb des Sommerdreiecks. Auf unserer Übersichtskarte finden Sie nur den Pfeil, da das Füchschen keine ausreichend hellen Sterne enthält und daher nicht eingezeichnet ist. Allerdings steht in der kleinen Konstellation eins der interessantesten Objekte aus dem Messier-Katalog: M 27 (siehe »Glanzlichter«, S. 68). Er ist ein Planetarischer Nebel wie M 57, der Ringnebel in der Leier. Dies ist eine Wolke, die von einem alternden Stern ausgestoßen wurde, der anschließend zu einem Weißen Zwerg zusammenschrumpfte. Er sieht jedoch völlig anders aus als der kreisförmige Ringnebel. Den Namen Hantelnebel erhielt M 27 vor mehr als hundert Jahren. Die Bezeichnung verdankt er seiner Form, die tatsächlich alten Hanteln aus dem 19. Jahrhundert gleicht. Damals bestanden sie aus zwei an den oberen Enden zusammengefügten Glocken ohne Klöppel.

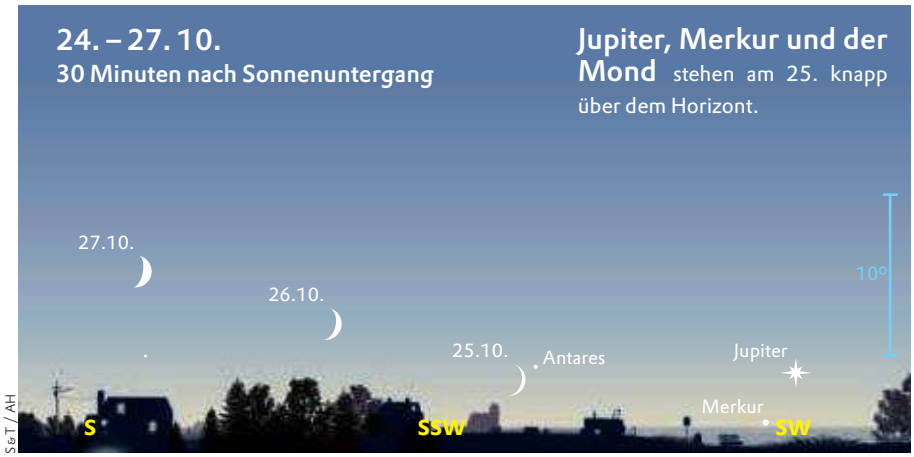
Ein weiteres, winziges Sternbild etwas außerhalb des Sommerdreiecks ist der Delfin (»Delphinus«). Mit etwas Fantasie erkennen Sie wirklich einen springenden Meeressäuger in dieser Gruppe.

Deutlich südlicher liegt der große, aber unauffällige Steinbock (»Capricornus«), der Legende nach eigentlich eine Seeziege (Bild rechts oben). Das Vorderteil dieses Fabelwesens stammt von einer Ziege, das Hinterteil jedoch von einem Fisch. Sollten Sie allerdings auch nur eines der beiden Tiere in der Konstellation identifizieren, könnte es sein, dass Sie halluzinieren. Die Anordnung der Sterne erinnert mich eher an ein rundliches Boot.

Alpha Capricorni (α Cap) ist ein schöner Doppelstern, den Sie schon mit bloßem Auge trennen können, wenn Sie volle Sehschärfe haben. Beta Capricorni (β Cap) ist ebenfalls ein Doppelstern, was Sie aber erst mit einem Feldstecher oder Teleskop erkennen können.

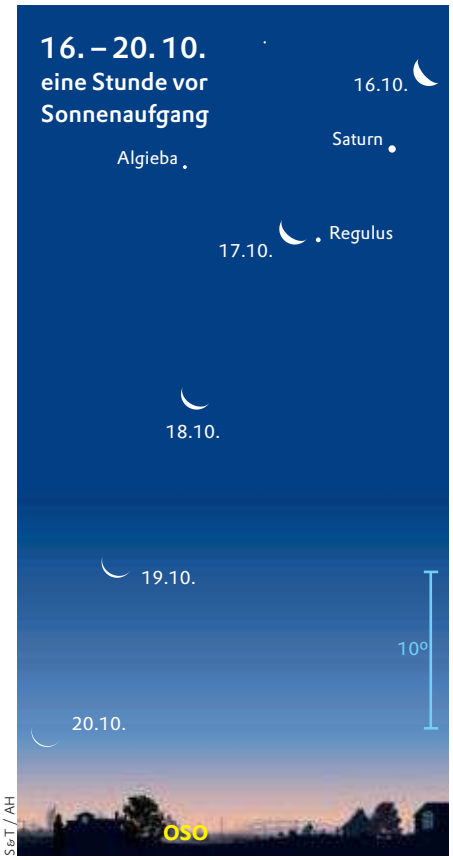
Weiter östlich auf der Ekliptik, also links vom Steinbock, befindet sich der schwache, aber lang gestreckte Wassermann (»Aquarius«, Aqr). Seine Sterne bilden jedoch keine einprägsame Figur, geschweige denn einen Mann. Immerhin hat er wenigstens eine markante Anordnung von fünf Sternen, die auch Krug genannt wird.

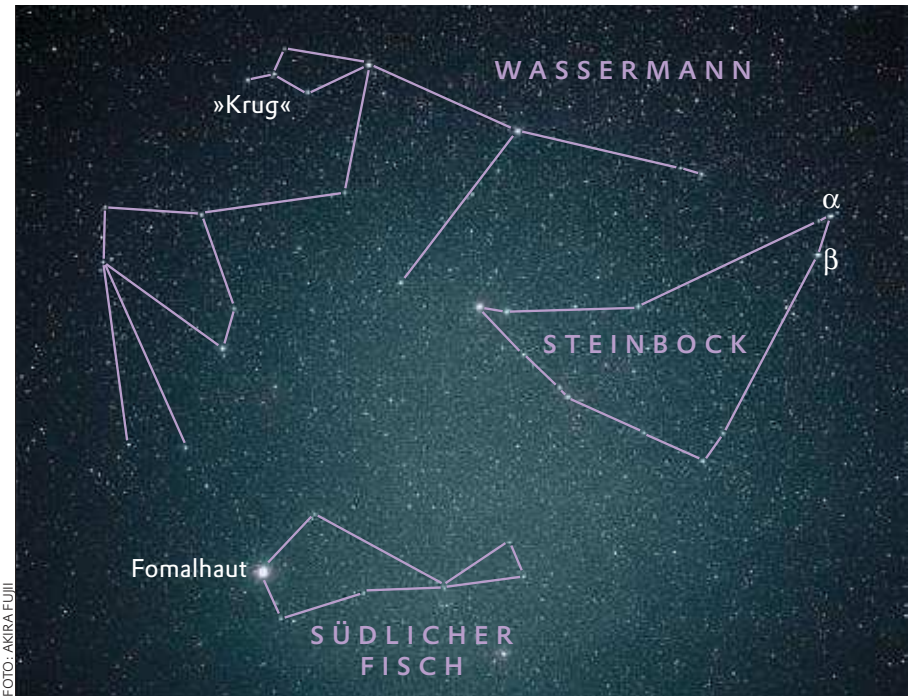
Wenn Sie das Sternbild am Himmel noch nicht entdeckt haben, verbinden Sie auf unserer Übersichtssternkarte (S. 40) Deneb mit dem hellen Stern Fomalhaut (Alpha Piscis Austrini, α PsA, 1. Größe) tief im Südsüdosten. Der Wassermann liegt genau zwischen den beiden. Fomalhaut finden Sie, indem Sie die westliche Kante des Pegasusvierecks weit nach unten verlängern.



Planeten im Oktober

Jupiter steht tief im Südwesten. Zu Beginn des Monats ist er noch gut zu sehen, doch gegen Ende versinkt er immer früher im Horizontdunst. Merkur zeigt sich





Von Mitteleuropa aus sind die wässrigen Sternbilder lediglich von dunklen Standorten bei klarem Himmel zu erkennen (Bild rechts). Nur Fomalhaut kann sich gegen die Lichtverschmutzung durchsetzen. Einfacher zu sehen ist die schmale Mondsichel, die um den 17. Oktober nahe bei Regulus und Saturn steht (Grafik links).

in der zweiten Oktoberhälfte unterhalb von Jupiter (Grafik links unten). Ohne Fernglas dürfte es schwierig sein, ihn in der Abenddämmerung auszumachen.

Saturn geht Anfang des Monats erst gegen zwei Uhr auf, gegen Monatsende erscheint er bereits kurz nach Mitternacht. Im Teleskop wirkt der Ringplanet in den frühen Morgenstunden am schönsten, wenn er sehr hoch steht und nur wenige atmosphärische Störungen das Bild verzerren. Er befindet sich dann im Ostsüdosten, rechts oberhalb von Regulus (Grafik oben links).

Mars und Venus verstecken sich beide im hellen Tageslicht der Sonne.

In der Nacht vom 6. auf den 7. Oktober ist Vollmond. Er ist der erste seit der Tag-und-Nacht-Gleiche, die jedoch bereits 14 Tage zurückliegt. Der abnehmende Mond steht in der Morgendämmerung des 17. Oktober nahe bei Saturn. Bei Sonnenuntergang steht am 25. eine dünne Sichel tief im Südwesten bei Antares, ein Stück links von Jupiter und Merkur – kein leichtes Ziel, da der Horizontdunst die Beobachtung erschwert. <<

Das Monatspanorama zeigt die Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis zum 27. Oktober. Die Pfeile kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten vor den Fixsternen von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Ortszeit an, wenn der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Fred Schaaf mag Hanteln lieber am Himmel als im Fitnessstudio.

Der Mond und die Planeten im Oktober 2006

Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

STERNTAFEL

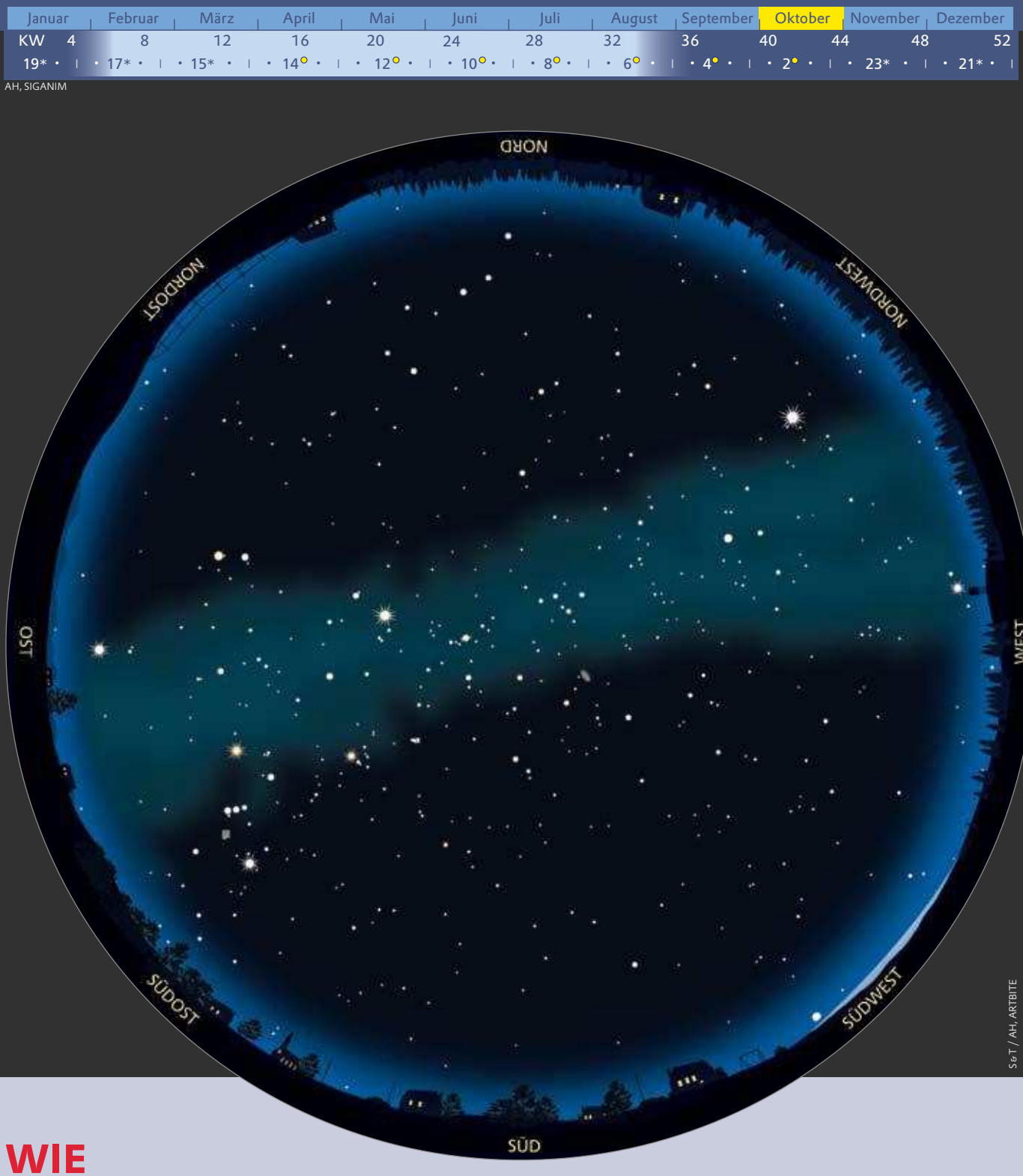
WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

September, zweite Hälfte: **3 Uhr°**
Oktober, zweite Hälfte: **1 Uhr°**
November, zweite Hälfte: **22 Uhr***

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum der Karte dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Das Sommerdreieck aus Wega, Atair und Deneb geht gerade im Westnordwesten unter, auch das Herbstviereck des Pegasus neigt sich bereits dem Horizont entgegen. Die Region um Perseus und Kassiopeia steht dagegen jetzt im Zenit. Östlich davon prangen schon die Wintersternbilder. Von den fünf hellen Planeten ist nichts zu sehen, Saturn geht aber eine Stunde später im Ostnordosten auf.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

ASTRONOMIE HEUTE

PRÄMIERTES WISSEN

Gewinnen Sie einen neuen Leser für ein Jahresabonnement von ASTRONOMIE HEUTE – und sichern Sie sich eine attraktive Dankesprämie nach Ihrer Wahl!

512 MB USB 2.0 Stick

Universalgutschein BestChoice über 30 €, einlösbar bei bis zu 100 Anbietern. Umtausch gegen Bargeld ist ausgeschlossen.

Himmelsset für den Hobbyastronomen mit Sternkartenbuch, Sternführer, drehbarer Sternkarte und Rotlicht-Taschenlampe

Jahresabo spektrum**direkt.** Die tägliche Wissenschaftszeitung im Internet mit über 12000 Archivartikeln und vielen Links

Bestellen können Sie über den Beihefter, unter der Verlagsadresse, per Telefon: 06221 9126-743, per Fax: 06221 9126-751 oder unter:
www.astronomie-heute.de/abo

FELDSTECHERTIPP

Der Kleiderbügelhaufen – Hängenbleiben erwünscht

Das kleine Sommersternbild Füchschen (»Vulpecula«) liegt versteckt zwischen Schwan (»Cygnus«) und Pfeil (»Sagitta«, Sge), etwa mittig in der großen Dunkelwolke, die die Milchstraße in dieser Region spaltet. Wie der Fuchs in freier Wildbahn ist auch sein kleiner Namensvetter am Himmel nicht leicht zu entdecken. Die hellsten Sonnen des Sternbilds scheinen mit nur etwa 4,5ter Größe und sind am aufgehellten Himmel meist nicht sichtbar. An dunklen Standorten hingegen verschwindet das Füchschen praktisch vor dem hellen Hintergrund der Sommermilchstraße. Sie suchen es daher auch auf unseren Übersichtskarten vergeblich.

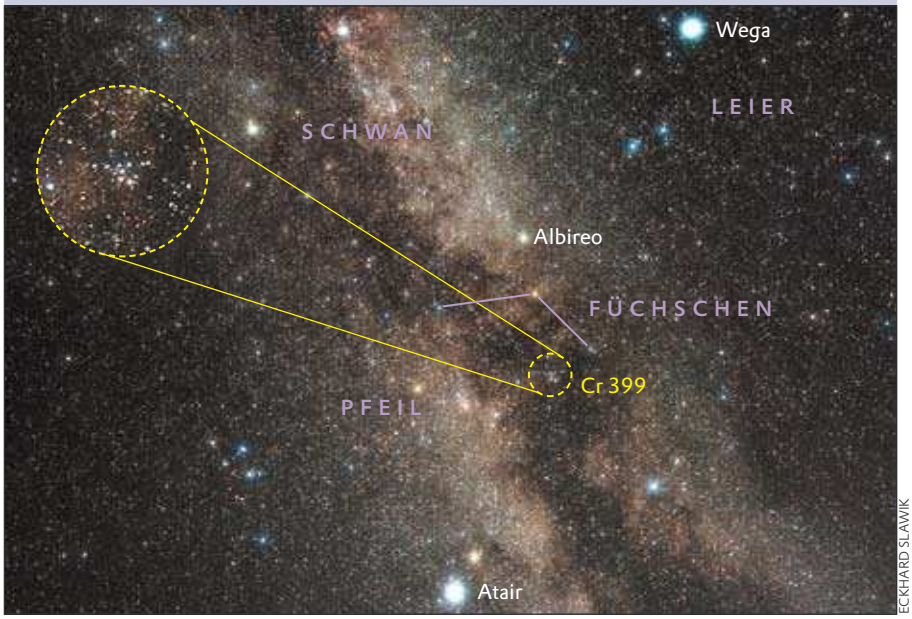
Besser sichtbar ist der offene Sternhaufen Collinder 399 (Cr 399). Seinen Beinamen verdankt er der markanten Anordnung seiner hellsten Sonnen: Sechs nahezu gleich helle Sterne bilden eine Linie – den Bügel – und vier weitere Sterne darunter den Haken. So zeigt der Feldstecher das Bild eines verkehrtherum hängenden Kleiderbügels. Lediglich im umkehrenden Teleskop kommen Sie in den Genuss des Anblicks, den Sie von Ihrer Garderobe gewohnt sind.

Der persische Astronom Al-Sufi beschrieb das Sternmuster bereits im 10. Jahrhundert als kleine Wolke und hat Cr 399 somit schon mit dem bloßen Auge beobachtet. Aber erst der Schwede Per Collinder nahm den Kleiderbügelhaufen mit der offiziellen Bezeichnung in seinen Katalog auf.

Besonders eindrucksvoll wirkt der Haufen im 7×50- oder 10×50-Feldstecher. Sie finden ihn schnell auf etwa einem Drittel der Strecke von Atair im Adler (»Aquila«, Aql) zu Wega in der Leier (»Lyra«). Allerdings ist bei höheren Vergrößerungen seine charakteristische Form nicht mehr erkennbar.

Vielleicht wird das schöne Sternmuster auch eines Ihrer Lieblinge am Spätsommerhimmel werden. Ich bleibe auf jeden Fall regelmäßig daran hängen. **>> Lambert Spix**

Der Pfeil weist den Weg,
denn zwischen ihm und Albireo im Schwan liegt das Füchschen – und der Kleiderbügel.



ECKHARD SLAWIK

Wer kennt Milton Humason?

Ein junger Mann aus Minnesota wurde auf Umwegen Astronom – und machte möglicherweise eine der wichtigsten Entdeckungen des letzten Jahrhunderts. **>> Rudolf Kippenhahn**

Hätte Milton Humason nicht mit 14 Jahren die Schule abgebrochen, wäre die Geschichte der Wissenschaft wohl anders verlaufen. Denn eine bahnbrechende wissenschaftliche Erkenntnis, welche die Arbeit sämtlicher Astronomen nachhaltig beeinflusste, hätte sich dann vermutlich vier Jahre früher eingestellt. Doch Humasons Weg zur Sternkunde verlief alles andere als geradlinig.

Als er noch Schüler war, schickten ihn seine Eltern in ein Sommerlager nach Kalifornien, in die Berge nördlich von Los Angeles. Das Camp war auf dem Mount Wilson aufgeschlagen worden, einer Erhebung, die später große Bedeutung erlangen sollte. Dem Jungen gefiel das Land und er liebte das Leben in den Bergen so sehr, dass er seine Eltern dazu überredete, ihn für ein Jahr aus der Schule zu nehmen, damit er bleiben könne.

1904 beschloss die amerikanische Carnegie Institution, auf dem Gipfel des Mount Wilson eine Sternwarte zu errichten. Dazu mussten Baumaterial und Lebensmittel für die Arbeiter auf den Berg gebracht werden. Der junge Humason verdingte sich als Maultiertreiber und beförderte Lasten nach oben.

Vom Holzträger zum Assistenten

Schon fünf Jahre später, also 1909, konnte in dem neuen Observatorium ein 1,5-Meter-Spiegel in Betrieb genommen werden. Mit ihm lotete der Astronom Harlow Shapley (1885–1972) später die Milchstraße aus, ermittelte die Dimensionen unseres Sternsystems und erkannte, dass unser Sonnensystem nicht im Zentrum der Galaxis steht.

Doch zurück zu Humason. Nachdem er ausgiebig Gelegenheit bekommen hatte, Landluft zu schnuppern, konnte von Schule keine Rede mehr sein. Er schleppte weiter Bauholz auf den Berg. Dabei lernte er die Tochter eines technischen Mitarbeiters des Observatoriums kennen, die er 1911 heiratete. Als er erfuhr, dass auf dem Observatorium die Stelle eines Hausmeisters frei wurde, bewarb er sich und bekam den Job.

Schon bald begann er, sich für die Teleskope zu interessieren, und brachte es dank seines Beobachtergeschicks zum Nachtassistenten der Sternwarte. 1919 nahm ihn der Direktor in den Kreis des

ESA / ROBERT GENDLER

ARCHIV KIPPENHAHN

wissenschaftlichen Personals auf, denn er hatte Humasons ungewöhnliche Fähigkeiten erkannt. Die Beförderung war nicht leicht durchzusetzen, hatte der hoffnungsvolle Mitarbeiter doch seit seinem 14. Lebensjahr keine Schule mehr besucht. Doch Humason besaß unbestreitbar großes Talent.

Es gelang ihm, aus den Teleskopen noch das Letzte herauszuholen. Wenn die Nachführung einmal nicht funktionierte, hängte er sich während der stundenlangen Aufnahme an den Tubus, um den Schwerpunkt entsprechend zu verlagern. Himmelsobjekte, die so lichtschwach waren, dass sie im Leitfernrohr keiner erkennen konnte und von deren Existenz man nur von Weitwinkelaufnahmen wusste, konnte er erfolgreich ins Gesichtsfeld bringen und die Nachführung an benachbarten helleren Sternen kontrollieren.

Damals standen sich bei der Deutung der elliptischen Nebelflecke, die man durchs Fernrohr zwischen den Gestirnen sah, zwei astronomische Schulen gegenüber. Da war zum Beispiel der mit bloßem Auge erkennbare Andromedanebel. Die einen hielten ihn für eine Gaswolke zwischen den Sternen der Milchstraße, in der sich gerade ein Stern mit einem Planetensystem bildet. Die anderen neigten der Meinung des Philosophen Immanuel Kant zu, der schon Jahrhunderte zuvor vermutet hatte, die meisten dieser Nebelflecke wären in Wahrheit flache Sternsysteme ähnlich der Milchstraße.

Der Andromedanebel ist ein Sternsystem, das etwa zwei Millionen Lichtjahre entfernt ist. Im Bild sind seine Sterne nicht separat zu erkennen, sie verschmelzen zu einem Nebelschleier. Die einzelnen Sterne auf dem Foto stehen im Vordergrund und gehören zum Milchstraßensystem.

Milton Lasell Humason (1891–1972), der verhinderte Entdecker

Wegen ihrer großen Entfernung, so schrieb Kant, verschmelze das Licht dieser fernen Sternsysteme für uns zu einem Nebelschleier. Je nach Richtung, aus der man auf sie blickt, würden sie kreisrund oder elliptisch erscheinen. Demnach wären sie ferne Welteninseln weit außerhalb unseres Milchstraßensystems.

Heute wissen wir, dass Kant mit seiner Vermutung Recht hatte. Aber im Jahr 1920 gingen die Meinungen selbst anerkannter Astronomen darüber weit auseinander. Für Shapley zum Beispiel stand fest: Unser Milchstraßensystem ist einzigartig, alle Nebelflecke befinden sich innerhalb der Milchstraße zwischen den Sternen, weiter draußen ist der Raum leer. Die Vertreter der Gegenpartei, darunter der berühmte Edwin P. Hubble (1889–1953), versuchten das zu widerlegen, indem sie mit Hilfe der inzwischen verfügbaren Großteleskope den Himmel innerhalb der Nebelflecke nach einzelnen Sternen durchforsteten.

Abgeblitzt

Aus der Zeit um 1920 erzählt man sich die folgende Geschichte. Eines Tages gab Shapley einige Aufnahmen vom Andromedanebel seinem Mitarbeiter Humason in die Hand. Er bat ihn, die Fotos genauer unter die Lupe zu nehmen. Humason tat das und erkannte im Innern des Nebelflecks einzelne Punkte, die er für Sterne hielt. Er markierte sie auf dem Glas der Fotoplatten und zeigte sie Shapley. Dieser aber war zutiefst davon überzeugt, dass der Andromedanebel eine Gaswolke ist und keine Ansammlung von Gestirnen. Jetzt kam plötzlich dieser junge Mann daher, der Schulabbrecher, Maultiertreiber und Hausmeister ohne astronomische Ausbildung, und glaubte, in jenen Gasschwaden Sterne zu erkennen. Shapley wischte die Markierungen mit den Fingern weg.

Diese Anekdote ist nicht verbürgt, wurde aber in der Sternwarte von Generation zu Generation mündlich weitergegeben. Als der amerikanische Astronom und Wissenschaftshistoriker Owen Gingerich in den frühen 1970er Jahren Shapley fragte, ob diese Geschichte denn wahr sei, antwortete der alte Herr, er könne sich zwar nicht mehr erinnern, es könne sich aber durchaus so zugetragen haben.

1924 untersuchte Hubble einige Fotoplatten, die mit Hilfe des seit 1917 auf dem Mount Wilson stehenden 2,5-Meter-Spiegels aufgenommen worden waren, des damals größten Teleskops der Welt. Hubble entdeckte im Andromedanebel tatsächlich einzelne Sterne, womit er zeigen konnte, dass der Nebel eine weit draußen im Raum stehende Galaxie ist. Das hätte man bereits vier Jahre zuvor erkennen können – hätte Shapley den Assistenten Humason nur etwas ernster genommen.

Nachdem sich herausgestellt hatte, dass die elliptischen Nebel in Wahrheit Sternsysteme sind, wollte man mehr über sie erfahren. Dazu war es nötig, Spektren von diesen meist lichtschwachen Objekten aufzunehmen. Das erforderte selbst mit dem 2,5-Meter-Spiegel sehr lange Belichtungszeiten. Nun war wieder Humason gefragt, der mit Belichtungszeiten, die sich oft über mehrere Nächte erstreckten, Spektren der fernen Sterninseln sammelte. Mit ihrer Hilfe entdeckte Hubble 1929 die Expansion des Weltalls. Zwei Jahre später verbesserten Hubble und Humason mit neuen Beobachtungen das »Hubble'sche Gesetz«, das angibt, wie die Entfernung und die Fluchtgeschwindigkeit der Galaxien zusammenhängen.

Die moderne Kosmologie fußt auf den Arbeiten von Hubble und Humason. Um beide zu ehren, benannten die Astronomen nach jedem einen Mondkrater. Der Krater Hubble durchmisst 81 Kilometer, der Krater Humason nur vier. So geht es einem, der die Schule schmeißt. <<

Rudolf Kippenhahn leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seither lebt er als Schriftsteller in Göttingen.

SZENE

Das Mondfahrzeug-Rennen der Nasa

Jedes Jahr richtet die amerikanische Weltraumorganisation einen Wettkampf der Mondautos aus. Schüler und Studenten können sich als Konstrukteure beweisen. **>> Stephan Günther**

Wer als Reisender auf dem internationalen Flughafen von Huntsville (Alabama, USA) eintrifft, erkennt sehr schnell die große Bedeutung, die diese Stadt für das amerikanische Raumfahrtprogramm hat. Die Flughafenhalle ist vollgestopft mit Modellen von Raketen und allerlei Flug- und Fahrzeugen, Bildschirme stellen technische Errungenschaften der Raumfahrt dar. Kenner bezeichnen Huntsville treffend auch als die »Raketenstadt« der Vereinigten Staaten.

Unter der Leitung des berühmten Konstrukteurs Wernher von Braun wurden hier vor vielen Jahren die Grundsteine für die amerikanische Raumfahrt gelegt – insbesondere für das Apollo-Programm. In Huntsville entwarfen, bauten und testeten Ingenieure die gigantische Saturn-5-Mondrakete, die sich als so erfolgreich erwies. Aber auch das legendäre Mondauto der Amerikaner entstand hier, das »Lunar Roving Vehicle« (LRV).

Der amerikanische Volksmund nennt dieses Fahrzeug »Moonbuggy«. Zu Ehren dieses Gefährts, mit dem die Astronauten während der letzten drei Apollo-Missionen auf dem Mond herumkurvten, rief die Nasa 1994 ein jährliches Rennen ins Leben. Es ist das »Moonbuggy Race«, der Wettkampf der Mondfahrzeuge.

In diesem Jahr war ich zum zweiten Mal unter den Zuschauern dieses großartigen Ereignisses. Das war alles andere als selbstverständlich: Noch wenige Monate zuvor herrschte Ungewissheit, ob das Rennen überhaupt stattfinden würde. Ende 2005 gab die Nasa bekannt,

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: STEPHAN GÜNTHER

Auf verschlungenen Pfaden

Die Rennstrecke beginnt unter einem Spaceshuttle und schlängelt sich quer durch das »Space & Rocket Center«.

Jahr gaben. Glücklicherweise fand sich genau in dieser Zeit ein neuer Sponsor, der sich dazu bereiterklärte, die Veranstaltung in den nächsten drei Jahren zu unterstützen. Es handelte sich um Northrop Grumman – jene Firma, die in der Apollo-Ära das Abstiegstriebwerk der Mondlandefähre entwickelt und gebaut hatte, mit dem die Mondlandung erst möglich wurde.

Die Firma begründet ihr finanzielles Engagement damit, dass das »Moonbuggy Race« viele Schüler und Studenten für den Beruf des Ingenieurs begeistere. Solche Fachleute würden später gebraucht, um die künftigen Mond- und Marsfahrzeuge zu entwickeln, welche die Nasa für ihr neues Raumfahrtprogramm benötigt. Das sind exakt dieselben Beweggründe, wegen derer das Rennen ursprünglich aus der Taufe gehoben wurde: Die Nasa wollte damals erklärtermaßen Schüler und Studenten dazu anregen, Ingenieurberufe im Raumfahrtbereich zu ergreifen.

Grundsätzlich können sich an dem Rennen Arbeitsgruppen von Highschools (das sind weiterführende Schulen entsprechend unseren Gymnasien) und Universitäten beteiligen. Der erste Tag der Veranstaltung ist den Schulen vorbehalten, der zweite Tag den Universitäten. Die Teams müssen mit einem eigenen, funktionsfähigen Mondfahrzeug antreten. Dabei dürfen die Konstrukteure ihrer Kreativität weit gehend freien Lauf lassen; gewisse Einschränkungen gibt es jedoch.

So lautet eine der Vorgaben, dass das Fahrzeug nur durch Muskelkraft angetrieben werden darf. Außerdem sind zwei Fahrer vorgeschrieben, wobei einer weiblich und der andere männlich sein muss. Beide Fahrer müssen aktiv an der Konstruktion des Fahrzeuges beteiligt gewesen sein.

Der Moonbuggy muss zusammengefaltet werden können, sodass er in eine würfelförmige Konstruktion aus Metallstreben passt. Diese besitzt ein Volumen von lediglich 1,8 Kubikmetern, um den Transport im beengten Laderaum der Mondlandefähre zu simulieren. Weiterhin muss der Buggy so leicht sein, dass ihn die beiden Fahrer ohne jegliche Hilfe und ohne Absetzen über eine Strecke von zirka sechs Metern tragen können.

Die Hauptaufgabe besteht darin, mit dem Fahrzeug eine speziell angelegte Rennstrecke zu bewältigen, die die Bedingungen auf dem Erdtrabanten nachstellt. Es gibt dort Krater, Bodenwellen, Gesteinsbrocken und Staubfelder. Der >

Passt! Mondautos müssen mehr als nur fahren. Wichtig ist auch, dass sie sich zusammenlegen lassen, damit sie in der Mondfähre unterkommen.

dass sie die Veranstaltung einstellen wolle. Sie begründete dies damit, dass sie auf Grund ihrer neuen Raumfahrtpläne nicht mehr genügend Geld zur Verfügung hätte.

Allerdings hatte die Weltraumorganisation nicht mit den heftigen Reaktionen derer gerechnet, die schon seit vielen Jahren zu dem Rennen kommen. Viele unter ihnen sind davon überzeugt, dass das jährliche Ereignis eine große Motivation vermittelt, sich für Raumfahrtprojekte zu engagieren. Davon profitieren ihrer Meinung nach nicht nur amerikanische Schüler und Studenten, sondern auch eingefleischte Profis.

So kam es zu unzähligen Protesten gegen die Beendigung der Wettkämpfe, und zwar nicht nur in den USA. Dies führte dazu, dass die Verantwortlichen nochmals eine »Gnadenfrist« von einem

1

2

3

4

5

6

> Hindernisparcours beginnt unterhalb des 1:1-Modells eines Spaceshuttles, das einst zu Testzwecken gebaut wurde, führt beinahe über das gesamte Gelände des Space & Rocket Centers und schlängelt sich wieder zurück unter die Raumfähre, wo die Zielgerade wartet.

Der Parkplatz, direkt vor dem Space & Rocket Center gelegen, wird zur Boxengasse. Dort haben die einzelnen Teams ihre Wartungsmannschaften platziert. An allen Ecken und Enden wird geschraubt und geschweißt. Mechaniker führen zahlreiche Feinjustierungen durch, bis ihre Gefährte wirklich perfekt sind. Viele Teams lackierten die Autoanhänger, in denen sie ihre Buggys nach Huntsville transportierten, in eigenen Farben und mit den Namen der beteiligten Sponsoren.

Das Ziel der Teams besteht darin, die gesamte Rennstrecke so schnell wie möglich zu durchfahren und dabei ein Minimum von Strafminuten zu kassieren. Jeder Buggy befährt den Kurs in der Regel zweimal. Strafminuten kassiert man zum Beispiel dann, wenn einer der Fahrer absteigen muss oder das Fahrzeug die Streckenbegrenzung berührt, womöglich sogar überfährt. Geahndet wird auch, wenn irgendwelche Bauteile abfallen, etwa Schutzbleche oder angeschraubte Instrumentenattrappen. Normalerweise gibt es am Vormittag und am Nachmittag jeweils einen Durchgang.

In diesem Jahr kam die Veranstaltung auf Grund der Witterung etwas ins Stocken. Am ersten Tag, während die Highschool-Teams die Rennstrecke befuhren,

Die Tücke des Gerölls wurde manchem Fahrer zum Verhängnis. Doch leider gibt es auf dem Mond keine asphaltierten Straßen.

Schrauben, schrauben und nochmals schrauben hieß es für die Jugendlichen, die zum »Moonbuggy Race« 2006 antraten. Diese Bildsequenz zeigt, wie eine beteiligte Mannschaft ihr Mondfahrzeug zusammenbaut. Anschließend geht es auf die speziell angelegte Hindernisstrecke.

7

näherte sich eine Schlechtwetterfront mit starken Wirbelstürmen. Da die Veranstalter großen Wert auf Sicherheit legen, sagten sie den zweiten Durchgang am Nachmittag ab, wodurch das Rennen bereits um 13 Uhr endete. Die Siegerehrung der Highschool-Teams wurde auf 14 Uhr vorgezogen.

Und es windete sehr

Im Lauf des Nachmittags blieb das Wetter zwar einigermaßen stabil, dafür brach aber eine sehr stürmische Nacht herein. Rings um Huntsville tobten zahlreiche Tornados. Am nächsten Morgen erfuhren wir aus den Nachrichten, dass die Naturgewalten schwere Zerstörungen hinterlassen und sogar einige Menschenleben gefordert hatten.

Nichtsdestoweniger begann der zweite Renntag, als wäre nichts gewesen. Die beiden Rennläufe der Universitätsteams gingen wie geplant über die Bühne. Die Siegerehrung fand gegen 17 Uhr statt, wegen der relativ kühlen Temperaturen verlegten die Veranstalter sie aber in eine große Trainingshalle, wo sich die Teilnehmer auch während der Mittagspause aufgehalten hatten.

An beiden Tagen gab es verschiedene Preise. Den Hauptpreis in Höhe von 3500 Dollar erhielt jenes Team, das den Kurs am schnellsten durchfahren hatte. Außerdem gab es Preise für die originellste Konstruktion, das fortschrittlichste Fahrzeug und für das sicherste Gefährt. Zudem verliehen die Veranstalter eine Auszeichnung an die beste Boxenmannschaft.

Etliche Teams hatten große Schwierigkeiten auf der Strecke, weil die Fahrer meist an Staubfeldern absteigen mussten: Die Buggys mit ihren oft dünnen Fahrradreifen gruben sich tief in den Sand ein. Die jungen Konstrukteure zogen daraus die Lehre, im nächsten Jahr mit breiteren Rädern anzutreten. Einige Fahrzeuge fielen wegen reißender Ketten oder anderer Materialermüdungen komplett aus.

Unter den Highschool-Teams belegte die Mannschaft des Huntsville Center for Technology (Alabama) den ersten Platz. Ihre Fahrer hatten die Strecke in nur vier Minuten und sechs Sekunden bewältigt. Die Erie High School (Kansas) schaffte es auf den zweiten, die Pana Senior High School (Illinois) auf den dritten Rang.

Klarer Sieger unter den Uni-Teams war die Pittsburg State University mit einer Streckenzeit von drei Minuten und 49 Sekunden. Evansville (Indiana) erkämpfte sich den zweiten Platz. Den dritten Rang beanspruchten gleichzeitig zwei Teams, nämlich jenes von Knoxville (Tennessee) und jenes von der Universidad de Puerto Rico en Humacao.

Das puerto-ricanische Team hatte schon in den Vorjahren des Öfteren an den Rennen teilgenommen und war dabei meist auch ziemlich erfolgreich gewesen. Ihr Fahrzeug entsprach zwar nicht unbedingt den modernsten Kriterien und verlor auch mal das eine oder andere Teil auf der Strecke. Doch diese Nachteile machte das Team durch Begeisterung und vollen Einsatz wett.

Am Ende der Siegerehrung hielt Sonny Morea eine ergreifende Rede – jener Mann, unter dessen Leitung während der Apollo-Ära das Lunar Roving Vehicle (LRV) entwickelt worden war. Morea und sein Team hatten das Fahrzeug innerhalb von siebzehn Monaten realisiert – ein Vorhaben, für das unter normalen Umständen fünf Jahre erforderlich sind. Er machte den versammelten Studenten klar, dass sie vielleicht zu jenen Konstrukteuren gehören könnten, die in absehbarer Zukunft die neuen Mond- und Marsautos entwickeln. Am Ende seiner Rede gab es begeisterten, anhaltenden Applaus.

Das Moonbuggy-Rennen 2006 war wie jene der Vorjahre ein großartiges und begeisterndes Ereignis für alle Beteiligten. Vielleicht wäre ja eine ähnliche Veranstaltung auch für Deutschland zu empfehlen. Immerhin beklagte der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) im letzten Jahr einen Mangel von etwa 15000 Ingenieuren in der hiesigen Wirtschaft. Da ist jegliche Förderung des Nachwuchses willkommen.

Auf dem Rückflug startete mein Flugzeug von Huntsville aus und flog fast direkt über das Space & Rocket Center in Richtung Heimat. Schon von Weitem erkennt man das gigantische, lebensgroße Modell der Saturn-V-Mondrakete, das mit seinen 111 Metern Höhe unbestreitbar das Wahrzeichen des Space & Rocket Centers darstellt. Unwillkürlich erinnerte ich mich an das Jahr 1969, als zum ersten Mal ein Mensch den Mond betrat. Wann, so fragte ich mich, werden wir den Erdtrabanten wohl das nächste Mal besuchen? <<

Stephan Günther betreibt mit Kollegen die Softwarefirma »Space Dream Studios« (www.spacedreamstudios.com). Derzeit entwickeln sie einen Apollo-Raumschiff-Simulator.

Internetseiten zum Moonbuggy Race:
http://moonbuggy.msfc.nasa.gov/

Begehrte Trophäe Wer den Parcours als Schnellster bewältigte, konnte dieses ansehnliche Erinnerungsstück mit nach Hause nehmen.

Hightech war nötig, um Livebilder aus der Türkei in das Internet stellen zu können.

STEFAN SCHMIDT

Eine Finsternis für das Internet

Das Bremer Olbers-Planetarium zeigte Livebilder der letzten Sonnenfinsternis im Internet – ein Blick hinter die Kulissen.

>> Bernd Carsten Sander und Dieter Vornholz

Welches Himmelsereignis zieht die meisten Astronomen an? Natürlich eine totale Sonnenfinsternis. Auch bei uns am Bremer Olbers-Planetarium war das Interesse an der »schwarzen Sonne über dem Mittelmeer« groß, sodass sich im März drei Viertel aller Mitarbeiter auf den Weg in die Türkei begaben. Um im Planetarium nicht nur Bilder der letzten Finsternisse zeigen zu können, kam uns die Idee, eine Webcam mitzunehmen und das Ereignis von der türkischen Riviera aus zu filmen. Dabei lag es nahe, das Himmelsschauspiel auch in Echtzeit auf unseren Webserver zu übertragen, damit es jeder verfolgen könne. Jedoch war unklar, ob wir unsere Kamera an einen Rechner des Hotels anschließen könnten, außerdem wollten wir uns nicht auf das Hotelzimmer als Beobachtungsplatz festlegen. Immerhin hatten wir schon im Voraus einen Bus bestellt, um die Sonnenfinsternis von einem günstigen Ort aus zu beobachten.

An unserem Standort wollten wir einen guten Blick auf den Himmel und den Mondschatten haben. Das bedeutete allerdings auch, dass uns wohl keine Telefonleitung zur Verfügung stehen würde. So entstand die Idee, die Webcam an ein Notebook anzuschließen und dieses mit einer UMTS-Karte drahtlos mit dem Internet zu verbinden. Recherchen im World Wide Web und Rückfragen beim benachbarten türkischen »Hightech-Gemüseladen« ergaben allerdings, dass dieses schnelle Handynetz in der Türkei erst im März installiert werden sollte.

Unser idealer Beobachtungsplatz hätte also genau in einem UMTS-Funkloch liegen können – dieses Risiko wollten wir nicht eingehen. Die Netzabdeckung für normale Handys sollte an der türkischen Riviera jedoch genauso gut sein wie in Deutschland. Deshalb entschieden wir uns für ein handelsübliches Bluetooth-Handy als Modem, um die Bilder vom Notebook ins Internet zu übertragen – also eine ganz einfache Lösung. Mit ActiveWebcam von PySoft fan- >

DIETMAR BÖDEKER

JEWGENY JOLONDZ

Am Baum 4591 war der ideale Beobachtungsplatz an der türkischen Riviera (links) – hier bot sich ein guter Ausblick auf die Sonne und den herannahenden Mondschatten. Wilde Schildkröten (rechts) boten Ablenkung, auch wenn letztlich alle Aufmerksamkeit der Sonne und der Technik galt.

> den wir eine Software, die alles Nötige für den Betrieb unserer Kamera enthielt. Bereits nach kurzer Zeit sahen wir daher die ersten Testbilder auf unserem Server. Auch die Verbindung mit dem Handy und der Datentransfer per GPRS gelangen auf Anhieb.

Einzig die asymmetrische Übertragungsgeschwindigkeit machte uns noch Sorgen. Ähnlich wie DSL bei Computern ist auch GPRS darauf ausgelegt, rasch große Datenmengen aus dem Internet herunterzuladen – der umgekehrte Weg verläuft jedoch langsamer. Die von uns benötigte Rate schien sich bei etwa 15 bis 20 Kilobit pro Sekunde einzupendeln. Daher konnten wir nur alle zehn Sekunden ein Bild übertragen.

Tempolimit

Das sollte bei den langsamen Änderungen während einer Sonnenfinsternis aber keine große Rolle spielen. Die Aufnahmen wurden ohnehin zur späteren Auswertung im Sekundentakt lokal auf dem Notebook gespeichert. Die Stromversorgung ergänzten wir zur Sicherheit durch eine Solarzelle, damit nicht in der entscheidenden Minute der Akku leer wäre.

Wir erwogen, eine türkische Prepaidkarte für unser Handy zu kaufen, um die hohen Telefonkosten für Auslandsgespräche zu umgehen. Allerdings war uns dies zu risikoreich, denn so eine Karte mit einem festen Gesprächsguthaben könnte eventuell genau während der Totalität aufgebraucht sein. Da der Fernsehsender ProSieben an dem Projekt Interesse zeigte, nahmen wir die Mehrkosten für Auslandsgespräche in Kauf.

Nun mussten wir die Webcam noch sonnentauglich machen. Zunächst benutzten wir ein umgebautes 9×50-Sucherfernrohr, doch nach einigen Berech-

Mobile Übertragungsstation – das Handy

Als Kamera verwendeten wir die allseits beliebte Philips ToUCam Pro II, die mit einem T2-Adapter an ein 135-Millimeter Zeiss-Sonnar angeschlossen wurde. Bei dem geringen Gewicht der Webcam war es nicht wirklich problematisch, dass ein T2-Adapter sich auf einem M42-Gewinde nach einer dreiviertel Umdrehung verkeilt. Ein Klemmring mit Stativgewinde hielt das Objektiv an der Gegengewichtsstange der LXD-55 Montierung, die das Hauptgerät (400 Millimeter Teleobjektiv vor einer Canon 20Da und 500 Millimeter vor einer Nikon F90) für die hochauflösenden Fotos trug.

Das Programm ActiveWebcam (www.activewebcam.com) nahm die Bilder in einer Auflösung von 640×480 auf, blendete unseren Urheberrechtshinweis sowie die Zeit ein und sorgte für die FTP-Verbindung zu unserem Planetariumsserver. Um Bandbreite zu sparen, reduzierten wir die Qualität der JPEGs auf fünfzig Prozent, was etwa zwölf Kilobyte große Bilder lieferte. Die Daten übertrugen wir dann vom Laptop über Bluetooth zu einem Sony-Ericsson Smartphone und von dort über GPRS nach Deutschland. Es stellte sich heraus, dass die deutschen GPRS-Einwahldaten in der Türkei ebenfalls funktionieren. Am Ende der Aktion waren fast achzig Bilder beziehungsweise 2,6 Megabyte durch die Leitung geflossen, was uns etwa dreißig Euro kostete.

CHRISTOPH WIENBECK

OLBERS-PLANETARIUM

Die verfinsterte Sonne über der Türkei konnte weltweit bewundert werden – auch wenn die Webserver gut ausgelastet waren. Um eine schnellere Übertragung zu ermöglichen, wurden die Bilder nur in geringer Qualität ins Netz gestellt.

nungen und Versuchen erwies sich ein Teleobjektiv mit 100 bis 150 Millimeter Brennweite als sinnvoller: Es bildete die Sonne samt Korona formatfüllend auf dem kleinen Kamerasensor ab. Nur drei Tage vor dem Abflug fanden wir ein altes 135-Millimeter-Teleobjektiv von Zeiss mit M42-Anschluss bei einem örtlichen Gebrauchtwarenhändler. Auch der Sonnenfilter aus AstroSolar-Folie musste sich noch in der Praxis bewähren. Wir verwendeten zuerst fotografische Folie, die zwar für visuelle Beobachtungen zu lichtdurchlässig ist, dafür aber kürzere Belichtungszeiten ermöglicht.

Der Filter war schnell gebaut, nun fehlte nur noch die Sonne, um seine Tauglichkeit zu testen. Erst zwei Tage vor unserem Aufbruch konnten wir ihn erstmals einsetzen. Der Schreck war groß, als die Kamera nur weiß zeigte – völlig überbelichtet. Also bauten wir noch einen zweiten Filter mit der weniger lichtdurchlässigen Folie für visuelle Beobachtungen. Das Bild war jedoch immer noch viel zu hell. Erst die Kombination zweier Folien lieferte eine scharfe, klare und korrekt belichtete Aufnahme.

Da wir von keinem weiteren Projekt dieser Art hörten, rechneten wir mit vielen Zugriffen auf unseren Server. Deshalb kopierten wir die Daten auf einen zweiten Computer, zumal wir die Adresse unserer Internetseite an alle Planetarien und die Presse weitergegeben hatten. Damit schien uns alles gut vorbereitet.

Die ganze Ausrüstung verpackten wir in einer stabilen Kiste, die beim türkischen Zoll sofort Interesse hervorrief. Aber das Zauberwort »Sonnenfinsternisteleskop« genügte, und sie durfte ungeöffnet einreisen. Am Tag vor dem Ereignis fanden wir einen schönen Beobachtungsplatz auf einer festen Düne unter Pinien mit freiem Blick auf das Meer und die schneebedeckten Berge des Taurus.

Der ideale Platz lag bei einem Baum mit der Nummer 4591. Es war auch sehr reizvoll, nebenbei ein paar wilde Schildkröten zu beobachten.

Bekanntlich war das Wetter in der Türkei am 29. März sehr gut, daher transportierten wir unsere Anlage siegessicher auf die Düne und begannen mit dem schweißtreibenden Aufbau in der prallen Sonne. Bange Minuten vergingen, bis feststand, dass die Übertragung der Daten auf die Server klappte. Leider hatten wir uns zu wenig Zeit für das Ausrichten genommen, sodass das Teleskop nicht perfekt eingenordet war und wir ständig nachführen mussten, damit die Sonne nicht aus dem Bildfeld wanderte.

Bereits nach kurzer Zeit erhielten wir per Handy Rückmeldungen, dass die Bilder nicht immer zu sehen seien. Wir vermuteten einen Defekt unserer Webserver, und die daheimgebliebenen Mitarbeiter starteten den Rechner neu. Die wirkliche Ursache erkannten wir erst nach der Sonnenfinsternis beim Blick auf die Zugriffsstatistik: Normalerweise haben wir rund 500 Zugriffe pro Stunde – in der fraglichen Stunde waren es 1 000 000! Diese enorme Last sorgte beim Neustart für Probleme: Nicht alle Programme liefen automatisch. Und so kam es, wie es kommen musste: Aus einer Entfernung von über 3000 Kilometer mussten wir den Computer vom (viel zu sonnigen) Urlaubsstrand aus betreuen. Dadurch konnten nicht nur wir, sondern auch die Daheimgebliebenen das Ereignis ohne Zeitverlust genießen.

Bei der nächsten Sonnenfinsternis werden wir wohl noch mehr Server bedienen müssen – aber vielleicht betreiben bis dahin ja so viele Astronomen eine Webcam am Notebook, sodass ohnehin jeder seine eigenen Bilder live ins Netz stellt … <<

Bernd Carsten Sander und **Dieter Vornholz** vom Olbers-Planetarium in Bremen planen schon die nächste Sonnenfinsternis-Exkursion.

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer

NEU: 20x80 Groß-Fernglas mit Panorama-Montierung und Stativ - **nur € 975,00**

Sehr gute Qualität!

Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Fraunhoferstraße 14
D-82152 MÜNCHEN-Martinsried
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de

Sonja und Lunic fliegen zum Mars

» Cecilia Scorza de Appl

»Ich habe einen großen Traum, Sonja: Ich möchte Astronaut werden und ferne Planeten erkunden.«

»Das klingt spannend, Lunic. Darf ich mitmachen? Wo könnten wir denn überall gemeinsam hinfliegen?«

»Von den acht Planeten unseres Sonnensystems sind nur vier Gesteinsplaneten, auf deren Oberflächen man einen Erkundungsspaziergang unternehmen kann: Merkur, Venus, Erde und Mars. Die restlichen vier Planeten – Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun – bestehen hauptsächlich aus Gas. Auf ihnen würde man also bei einer Landung einfach versinken, und ich habe keine Lust, in einer Wolke aus Wasserstoff und Helium unterzugehen.«

»Wie entscheiden wir denn nun, Lunic, zu welchem Planeten wir fliegen?«

»Zum Merkur zu reisen wäre keine gute Idee, Sonja, denn er ist zu nahe an der Sonne. Außerdem besitzt er keine Atmosphäre, die die Hitze der Sonne gleichmäßig über die Oberfläche verteilt. Auf seiner Tagesseite ist es bis zu 350 Grad heiß und auf seiner Nachtseite sinkt die Temperatur auf bis zu minus 170 Grad ab. Ich würde auf keinen Fall dahin fliegen wollen. Außerdem sieht er unserem Mond recht ähnlich: Seine Oberfläche ist voller Krater.«

»Dann lass uns doch zur Venus fliegen, Lunic! Sie wird wegen ihrer Größe oft als Zwillingsschwester der Erde bezeichnet. Dort gibt es bestimmt eine Atmosphäre!«

»Aber das ist genau das Problem, Sonja: Die Atmosphäre auf der Venus ist sehr dicht und sehr giftig! Sie besteht hauptsächlich aus Kohlendioxid und ist hundertmal schwerer als die Erdatmosphäre. Dort würden wir in Sekundenschnelle zu zwei Pfannkuchen zerquetscht.«

»Aus Kohlendioxid? Ist das nicht das Gas, das die Autos und Fabriken hier auf der Erde ausstoßen? Ich habe nämlich gehört, dass die Temperatur auf der gesamten Erde ansteigen und das Eis in der Arktis schmelzen wird, wenn es so weitergeht. Arme Eisbären! «

»Ja, Sonja, aber zum Teil ist das Kohlendioxid für uns auch sehr wichtig, weil die Pflanzen es zum Leben brauchen. Dann geben sie Sauerstoff wieder an die Umgebung zurück. Ohne Kohlenstoff keine Pflanzen, und ohne Pflanzen kein Sauerstoff – so einfach ist das.«

»Dann könnte man doch aber Pflanzen auf Venus einpflanzen, damit sie dort Sauerstoff erzeugen, Lunic!«

ALLE ILLUSTRATIONEN DES ARTIKELS: AH, EMDE-GRAFIK

Fertig zum Start sitzen Sonja und Lunic in ihrem Mars-Raumschiff.

»Damit gibt es aber ein Problem, denn dort ist es Tag und Nacht fast 500 Grad heiß. Pflanzen können bei diesen Temperaturen nicht überleben.«

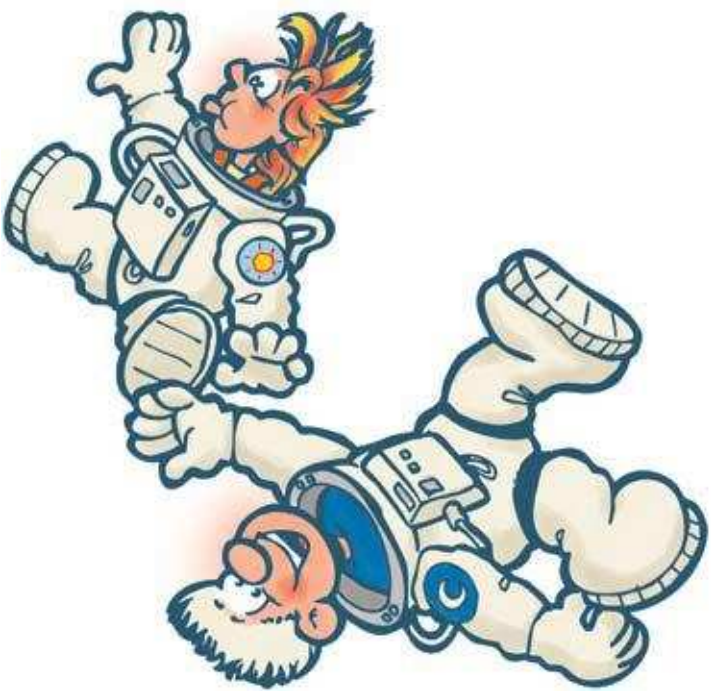
»Ach du Schreck! Dann gehen wir am besten ganz weit weg, Lunic. Bis zum Zwergplaneten Pluto. Dort ist es bestimmt kühl genug.«

»Dafür brauchen wir aber sehr viel Zeit, Sonja. Denn ein Flug zum Pluto dauert etwa dreißig Jahre – 15 Jahre hin und 15 Jahre zurück. Und vor allem warme Sachen, denn auf Pluto scheint das Licht der Sonne nur sehr, sehr schwach. Und seine Oberfläche ist vereist, denn er ist mehr als sechs Milliarden Kilometer von der Sonne entfernt.«

»Dann bleibt ja eigentlich nur der Mars übrig!«
»Ja, Sonja, genau dahin will ich, weil ich nämlich Marsforscher werden möchte. Ich würde gern herausfinden, seit wann es Wasser auf dem Mars gab.«

»Wasser auf dem Mars? Ist das ein Witz? Auf den Bildern der beiden Nasa-Marsrover und der Raumsonde Mars-Express sieht er eher wie ein Wüstenplanet aus. Ich weiß nicht, wer auf die Idee gekommen ist, dass dort Marsmenschen leben könnten.«

»Heute sieht der Mars zwar sehr trocken, wüst und leer aus, aber immerhin gibt es Wassereis an seinem Nord- und Südpol. Er hat weiße Eiskappen, so >



In der Schwerelosigkeit des Weltraums fließt einem viel mehr Blut in den Kopf als auf der Erde. Sonja und Lunic bekommen daher beide ein rotes Gesicht.

› wie unsere Erde. Wer sagt denn, dass kein Wasser unter seiner Oberfläche zu finden ist?«

»Ah, Lunic, jetzt verstehe ich. Du möchtest zum Mars fliegen und ganz tief in seinen Boden bohren! Das wäre genial: die erste Fontäne auf dem Mars zu erzeugen! Ja, lass uns bitte dorthin fliegen! Was brauchen wir denn alles für die Reise?«

»Erstmal müssen wir ein Astronautentraining bei der Esa absolvieren und abwarten, bis Mars und Erde so nah wie möglich beeinanderstehen, Sonja. Sonst müssten wir unnötig weit fliegen.«

NACH EINEM JAHR HARTEM ASTRONAUTENTRAINING BEI DER ESA …

»Bist du so weit, Sonja? Die Reise dorthin wird sechs Monate dauern!«

»Alles klar, Lunic. Ich werde viele Bücher zum Lesen mitnehmen, unser Schachbrett mit Magnetfiguren (damit wir denen nicht in der Schwerlosigkeit hinter ihnen herrennen müssen!), Stifte und Blätter zum Malen und einen Notizblock. Außerdem natürlich unsere wissenschaftliche Ausrüstung: eine Lupe, einen Hammer, eine Waage, ein Mikroskop, einfach alles, was wir brauchen, um Proben zu analysieren. Dann kann es losgehen! Steig ein!«

ALLES VORBEREITET FÜR DEN START!!
10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, LOS!!!!!

»Sonja, geht es dir gut? Das ist ein irres Gefühl! Die Rakete wackelt so sehr und ich werde total fest in meinen Sitz gepresst! Wenn ich mir vorstelle, dass wir eine Geschwindigkeit von 40 000 Kilometer pro Stunde erreichen müssen, nur um die Anziehungskraft der Erde zu überwinden! Das ist wahnsinnig schnell.«

»Ja, aber wie wir ja schon gelernt haben (»Warum fliegt eine Rakete?«, AH 6/2006, S. 72), stufenweise, Lunic! Schau mal, ich sehe die Erde und den Mond! Sie werden immer kleiner und kleiner! Jetzt haben sich die Raketentriebwerke abgeschaltet und wir können uns von unseren Sitzen losschnallen.«

»Sonja, das ist wunderschön! Ich fühle mich so leicht! Ich glaube, dass wir einen riesigen Spaß während dieser sechs Monate haben werden. Auf jeden

Fall werde ich ganz gut damit beschäftigt sein, meinem Essen mit offenem Mund hinterherzuschweben, weil hier im Raumschiff alles schwerelos ist! Aber Sonja, wieso hast du denn so einen roten Kopf? Dein Gesicht ist ja ganz rot!«

»Deins aber auch! Auf der Erde pumpt das Herz das Blut gegen die Anziehungskraft in unser Gehirn. Weil es hier in der Schwerelosigkeit aber keine gibt, steigt uns das Blut immer zu Kopf. Um unser Herz, unsere Muskeln und Knochen gesund zu halten, müssen wir hier viel Gymnastik machen.«

»Sonja, mir ist langsam langweilig. Wir sitzen hier seit fast sechs Monaten … und sind immer noch nicht da.« »Geduld, Lunic, du wolltest doch Astronaut werden und ferne Planeten erkunden! Oh, schau mal durch das Fenster! Ich sehe ihn, ich sehe ihn! Mars, der Rote Planet! Und schau genau hin: Man sieht sogar seine zwei Monde!«

»Toll, es hat sich gelohnt! Wir sind da! Und wie wunderbar unser Nachbarplanet aussieht!

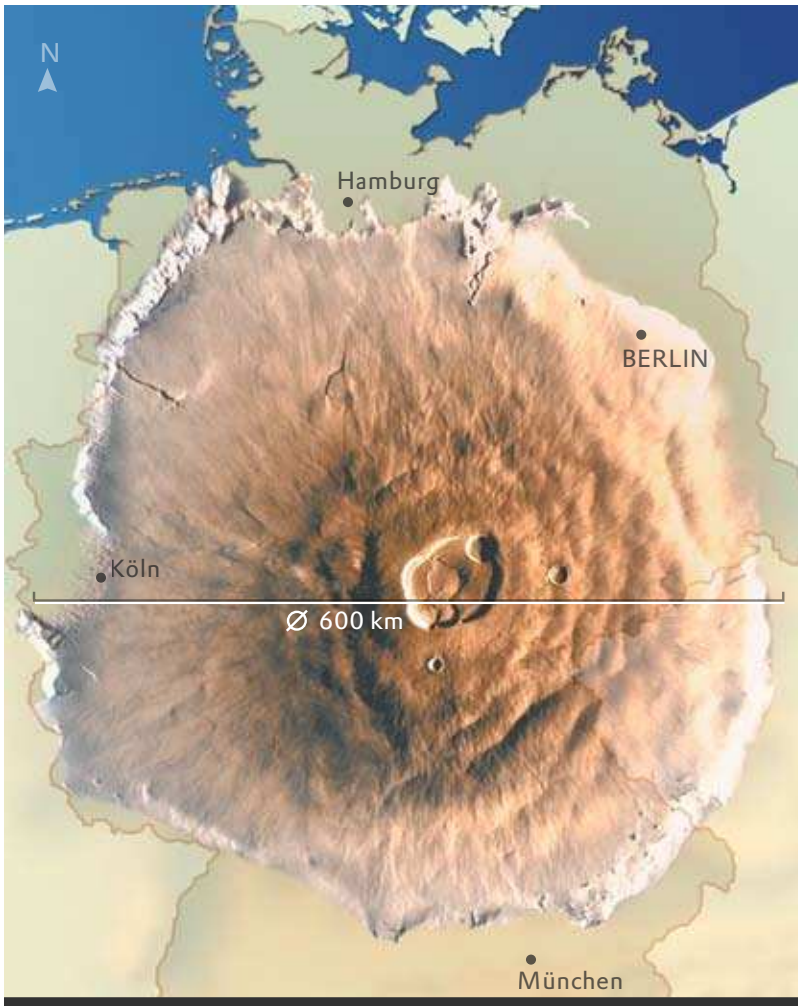
»Lunic, hol die Kamera raus! Ich sehe den Olympus Mons, den höchsten Vulkan unseres Planetensystems! Den müssen wir fotografieren! Er ist zwanzig Kilometer hoch und so groß, dass er Deutschland fast ganz bedecken würde.«

»Unglaublich, Sonja! Der Mount Everest mit seinen über acht Kilometern Höhe ist ein Zwerg dagegen! Und schau mal, da ist eine Region mit vielen, vielen Kratern! Die muss sehr alt sein.«

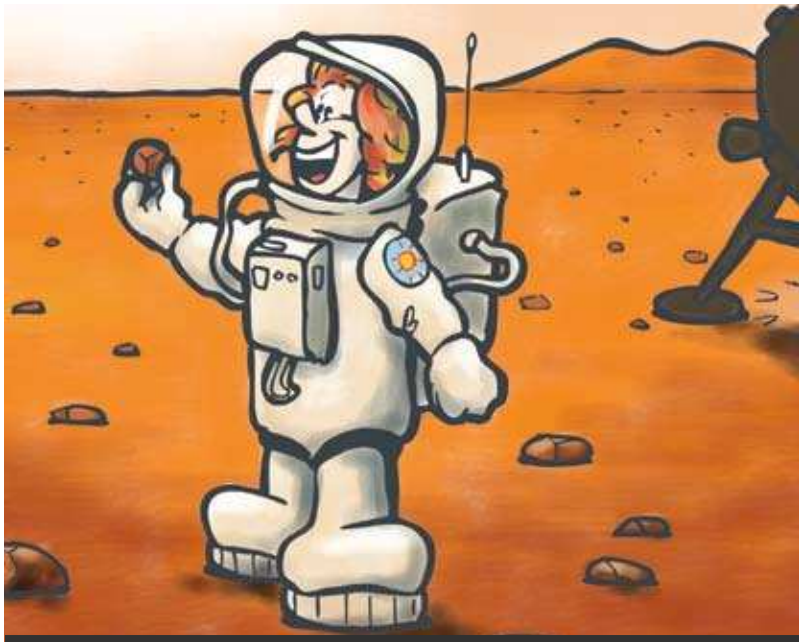
»Wieso denn? Was haben Krater mit dem Alter einer Region zu tun?

»Ganz am Anfang, Sonja, als die Planeten des Sonnensystems entstanden sind, gab es unzählige Asteroiden, die überall eingeschlagen sind. Deswegen haben der Merkur und unser Mond auch so viele Krater. Auf der Erde gab es diese Krater auch, doch sind sie durch Erosion, Vulkanismus und Erdbeben wieder verschwunden. Auf dem Mars passiert das aber kaum, und deshalb findest du dort noch so viele alte Krater.«

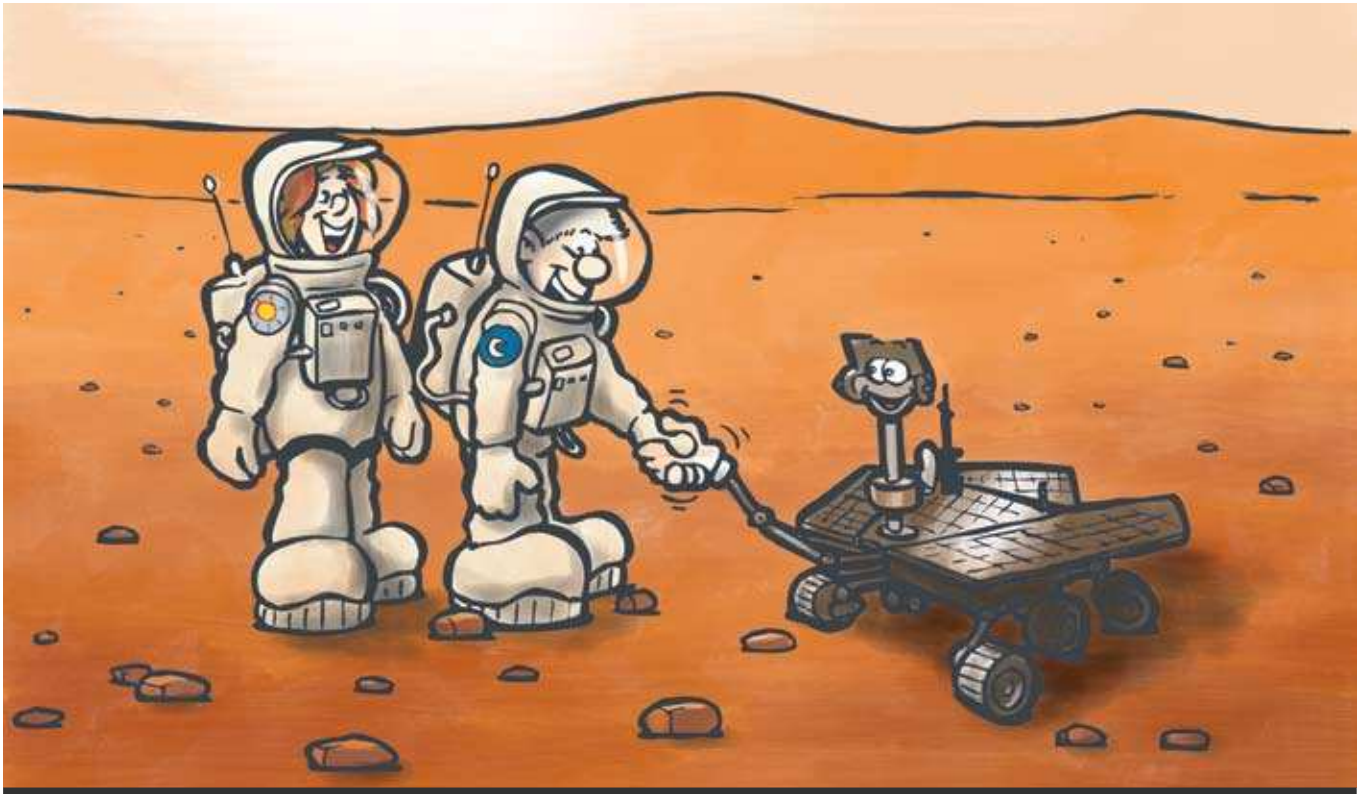
»Unglaublich, was die Oberfläche eines Planeten uns an Geschichten aus seiner Vergangenheit erzählt. Und nun, Lunic: ab in die Landekapsel!« ›



Olympus Mons: Der höchste Vulkan im Sonnensystem ist fast so groß wie Deutschland.



Endlich gelandet: Sonja untersucht »Marssteine«.



Sonja und Lunic begrüßen Spirit, den Marsroboter, der bereits seit eineinhalb Jahren auf der Marsoberfläche herumfährt.

Die »Kanäle« auf dem Mars

Im vorletzten Jahrhundert entdeckte der italienische Astronom Giovanni Schiaparelli aus Mailand Linien auf dem Mars, die er für Bewässerungskanäle hielt. Seit dieser Entdeckung glaubten die Menschen an Marsbewohner! Die Kanäle erwiesen sich aber als optische Täuschungen. Unser Auge verbindet Punkte zu Linien. Um zu verstehen, wie das passiert, brauchst du rotes Papier, schwarze Farbe, Pinsel, Fernglas, Schere, Zirkel, Klebeband und ein Fernglas.

Spritz mit dem Pinsel etwas schwarze Farbe auf das Papier. Wenn sie trocken ist, zeichne mit Hilfe des Zirkels einen zwanzig Zentimeter breiten Kreis darauf und schneide ihn aus. Das ist der Mars. Klebe ihn an die Wand und betrachte ihn aus etwa drei Meter Entfernung durch ein absichtlich unscharf eingestelltes Fernglas. Das zeigt unseren Blick durch die unruhige Luft der Erdatmosphäre. Was siehst du jetzt?

»Oje, ich sehe den Boden immer näher kommen, Sonja. Hoffentlich funktionieren die Bremsraketen! Halt dich gut fest, wir setzen gleich auf der Oberfläche auf.«

»Lass mich zuerst raus, Lunic! Ich möchte die erste Frau sein, die ihren Fuß auf den Mars setzt. Ladies first!«

»In Ordnung, Sonja, aber zieh dir vorher deinen Astronautenanzug an.« »Wieso? Es ist doch Sommer hier und mit zwanzig Grad recht angenehm.«

»Klar, aber die Marsatmosphäre ist doch viel dünner als die der Erde. Unsere Körper sind dem Gewicht der Erdatmosphäre angepasst. Auf der Marsoberfläche würdest du ohne Druckanzug einfach zerplatzen!«

»Wie bitte? Oh Schreck! Ein Glück, dass du mich gewarnt hast. Nun steige ich die Treppe langsam hinunter.« »Was siehst du da draußen, Sonja?«

»Nichts als roten Boden, viele Steine und, und … Hilfe, Lunic, ein Marsmensch!«

»Das ist kein Marsmensch, Sonja. Das ist Spirit, einer der amerikanischen Marsroboter, der uns begrüßen kommt! Guten Tag, Spirit!« ‹‹

TIPPS

C. M. UTTER

Freier Blick auf die Sterne
mit einem Leuchtpunktsucher: Sie bieten eine ausgereifte Peilvorrichung und zeigen den Himmel genau so, wie er mit bloßem Auge zu sehen ist. Dadurch fällt die Orientierung leichter.

Gesucht und gefunden

Die erst vor wenigen Jahren eingeführten Visiersucher helfen beim Auffinden von Objekten mit dem Teleskop. **>> Ed Ting**

Ein Himmelsobjekt aufzufinden ist für angehende Amateurastronomen oft eine der schwierigsten Aufgaben. Es ist so knifflig, weil ein Fernrohr immer nur einen winzigen Himmelsausschnitt zeigt – etwa so viel, wie man durch einen dicken Strohhalm sieht. Sie brauchen also ein Gerät, mit dem Sie das Teleskop möglichst exakt auf die gewünschte Position ausrichten können. Hier kommt der Sucher ins Spiel – das kleine Instrument am Tubus nahe dem Okular.

Es gab eine Zeit, in der alle Sucher Minifernrohre waren und zu Recht Sucherfernrohr genannt wurden. Sie vergrößern einen Himmelsausschnitt ein wenig und zeigen auch schwächere Sterne, die Sie mit dem bloßen Auge nicht wahrnehmen können. Wenn Sucher und Teleskop genau parallel stehen, drehen Sie Ihr Fernrohr, bis das gewünschte Objekt im Fadenkreuz des Suchers steht. Dann müssen Sie nur noch durch das Okular blicken.

Sucherfernrohre sind aber nicht immer die ideale Lösung. Viele Amateure haben Probleme, den Himmelsanblick mit dem vergrößerten (und oft auf dem Kopf stehenden) Bild des Suchers in Einklang zu bringen. Außerdem müssen Sie Ihr Auge hinter das Okular bringen, was bei zenitnahen Objekten zu unbequemen Verrenkungen führen kann. Billige Modelle besitzen meist Linsen minderer Qualität, durch die alles blass und verschwommen aussieht. Daher werden heute immer mehr Teleskope mit Suchern verkauft, die nicht vergrößern. Leuchtpunktsucher sind eine relativ junge Erfindung, die das Einstellen wesentlich vereinfachen – und zwar ohne das Bild zu vergrößern! Falls der Sucher Ihres Fernrohrs ein futuristisches Plastikteil mit einem Schalter ist, sind Sie wahrscheinlich Besitzer eines solchen Geräts, das gelegentlich auch Visier-, Peil- oder LED-Sucher genannt wird.

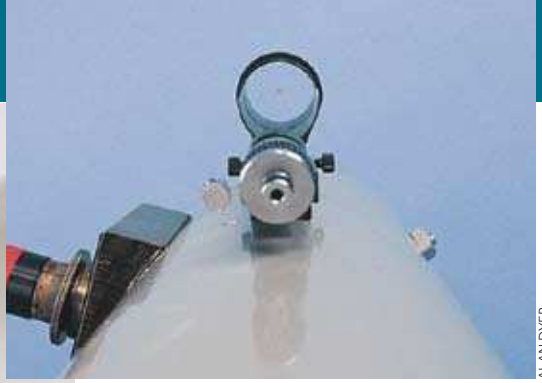
Der erste erfolgreiche Peilsucher wurde in den 1970er Jahren von der Firma Telrad auf den Markt gebracht. Er war etwas gewöhnungsbedürftig: Die vertrauten Linsen, Okulare und Befestigungsklammern fehlten. Stattdessen gab es einen merkwürdig aussehenden Plastikblock mit einem durchsichtigen Fenster. Wenn Sie einen Telrad einschalten, erscheint eine rot leuchtende Zielscheibe in dem Fenster. Sie müssen dann nur das Fernrohr so einstellen, dass das rote Muster genau über Ihrem Zielobjekt liegt, wenn Sie durch die Scheibe schauen. Voilà! Das Objekt erscheint im Okular des Teleskops.

Beobachter fanden rasch Gefallen an dieser Lösung. Inzwischen ist der Telrad-Sucher so populär, dass es für einige Sternkarten Folien gibt, die die Telrad-Kreise als Schablone enthalten.

Roter Punkt am Himmel

Sucher dieses Typs verwenden eine kleine batteriebetriebene Leuchtdiode (LED), um einen roten Punkt oder ein Muster auf das Fenster zu projizieren. Das geschieht entweder direkt oder mittels einer Linsen- und Spiegelkombination. Manchmal ist das Fenster mit einem transparenten Film beschichtet, um das projizierte rote Muster besser erkennen zu können, obwohl diese Methode das Bild des Himmels etwas abdunkelt. Des

C. M. UTTER



ALAN DYER

Leuchtpunktsucher passen in der Regel in den normalen Sucherschuh (links), doch gibt es auch eine Vielzahl anderer Möglichkeiten zur Montage. Ein roter Punkt (oben) oder eine Reihe von Kreisen zeigen genau an, in welche Richtung das Fernrohr zeigt.

Weiteren sind ein Schalter und ein Helligkeitsregler vorhanden – manchmal sind diese beiden Vorrichtungen in einem Rändelrad vereint.

LED-Sucher werden am Fernrohr auf unterschiedliche Weise befestigt. Einige Modelle verwenden Schrauben, andere doppelseitige Klebebänder und weitere Methoden. Wieder andere werden mit speziellen Klammern am Teleskop fixiert.

Ist der Sucher sicher befestigt, muss er als Nächstes genau justiert werden. Viele Anfänger gehen dieses Problem verkehrtherum an: Sie sollten den Sucher parallel zum Fernrohr ausrichten und nicht umgekehrt. Am besten führt man die Ausrichtung am Tag oder während der Dämmerung durch, wenn noch etwas zu erkennen ist! Zuerst schalten Sie den Sucher ein und richten mit ihm das Fernrohr auf ein gut sichtbares Objekt aus. Weit entfernte Straßenlaternen oder Erhebungen am Horizont sind dafür ideal geeignet. Falls es schon dunkel ist, nehmen Sie den Mond. Dann stecken Sie Ihr Okular mit der kleinsten Vergrößerung (dasjenige mit der größten Brennweite in Millimetern) in den Auszug und prüfen, ob das Zielobjekt darin zu sehen ist. Falls nicht, schwenken Sie das Fernrohr etwas herum, bis Sie es finden – Sie können auch am Tubus entlang peilen.

Zentrieren Sie es nun im Okular und klemmen das Teleskop gut fest, sodass es sich nicht mehr verstellen kann. Schließlich schauen Sie wieder durch den Sucher, um diesen einzustellen. Durch Drehen an den Justierschrauben zentrieren Sie den roten Punkt oder die Mitte der Zielscheibe genau auf das Objekt.

Jetzt ist der Sucher einsatzbreit und hilft Ihnen bei der Suche nach Himmelsobjekten. Das geht ganz einfach, wenn Sie einen hellen Stern, einen Planeten oder den Mond beobachten wollen. Sie müssen lediglich den roten Punkt oder die Mitte des Kreises auf das Ziel ausrichten. Schwache Sterne sind möglicherweise schwer durch das Fenster des Suchers zu sehen. Hier sind die Varianten mit Telrad-Kreisen von Vorteil. Es ist leichter, etwas in der Mitte eines Kreises zu erkennen, als wenn ein heller Punkt genau darüberliegt. Viele Beobachter halten dabei beide Augen geöffnet. So kann eines das Objekt sehen und das andere das beleuchtete Fenster. Damit fällt Ihnen die Einstellung des Fernrohrs leichter. Auf jeden Fall sollten Sie die Helligkeit des Suchers so niedrig wie möglich einstellen und das Okular mit der geringsten Vergrößerung verwenden.

Auch für Objekte, die mit bloßem Auge nicht zu sehen sind, können Sie einen Leuchtpunktsucher benutzen. Schauen Sie auf einer Sternkarte nach, wo sich Ihr Objekt im Vergleich zu helleren Sternen befindet, und richten Sie Ihren Sucher danach aus.

Ist dann noch nichts im Okular zu sehen, ziehen Sie erneut Ihre Sternkarte zu Rate und versuchen Sie es noch einmal. Tipp: Anstatt Ihren letzten Versuch zu verbessern, verstellen Sie das Teleskop und beginnen die Prozedur wieder ganz von vorne – falls Sie völlig danebenlagen, vermeiden Sie so, denselben Fehler noch einmal zu machen.

Braucht man so was?

Selbst wenn Sie schon einen vergrößernden Sucher besitzen, könnte ein LED-Sucher für Sie interessant sein. Warum? Viele Beobachter finden, dass sich beide gut ergänzen. Mit dem Leuchtpunktsucher zielen Sie auf das gewünschte Gebiet; den klassischen Sucher verwenden Sie für die Feinarbeit. Sie brauchen nur genügend Platz für beide.

Viele LED-Sucher sind sehr klein und leicht. Es bleibt Ihnen überlassen, wo Sie ihn anbringen wollen – keine Regel schreibt vor, dass er in der Nähe des Okulars befestigt werden muss. An einem langen Refraktor bringe ich ihn am liebsten nahe der Objektivfassung an. Ich kenne Besitzer gewaltiger Dobsons, die Telrad-Sucher in der Nähe der hölzernen Basis montieren statt oben beim Okular. Probieren Sie verschiedene Varianten und finden Sie heraus, was Ihnen am meisten zusagt. Falls Sie Probleme mit dem Austarieren des Fernrohrs bekommen, versuchen Sie ein Gegengewicht am anderen Ende anzubringen.

Alle nachfolgend vorgestellten Modelle funktionieren gut. Es gibt keinen klaren Spitzenreiter – entscheidend sind Ihre Vorlieben und Ihr Geldbeutel. <<

Ed Ting hat schon viele Sucher gefunden.

PEIL- UND LEUCHTPUNKTSUCHER

Starbeam

Starbeam

Preis: zirka 238,–€

Tele Vue hat es geschafft, einen einfachen Leuchtpunktsucher in ein Kunstwerk zu verwandeln. Der Starbeam ist ein wunderschön gestaltetes Beispiel einer »Art-déco-Maschine«. Dafür ist er fast 25 Zentimeter lang und wiegt gut 280 Gramm. An der Rückseite befindet sich ein Drehknopf zum Einschalten und für die Helligkeitsregulierung. Zum Justieren sind drei Schrauben vorhanden. Das 38 Millimeter (1,5 Zoll) große Sichtfenster ist komfortabel und die Beleuchtung hell. Ein Klappspiegel gestattet es auch, den projizierten roten Punkt nackenschonend von oben zu betrachten. Für das Gerät stehen drei verschiedene Befestigungsklammern zur Verfügung.

Für etwa 40,–€ bietet Tele Vue mit dem Qwik-Point auch eine günstigere Alternative mit einem 17 Millimeter großen Sichtfenster an. Er ähnelt dem EZ Finder von Orion (unten), sitzt jedoch sehr niedrig, sodass Sie die Augen nahe an den Tubus des Teleskops bringen müssen. Es kann entweder direkt in einer Nut an der Rohrschelle eines Tele-Vue-Fernrohrs befestigt werden oder mit Klettband an anderen Teleskopen.

EZ Finder II

EZ Finder II

Preis: zirka 39,–€

Dieser Sucher ist größer als der Starbeam von Tele Vue. Sein Sichtfenster hat einen Durchmesser von einem ¾ Zoll (zirka 19 Millimeter), außerdem besitzt er größere Knöpfe, die im Dunkeln leichter zu bedienen sind. Der Sucher kann praktisch auf jedem Teleskop montiert werden.

Star Pointer von Celestron

Preis: 30,– bis 50,–€

(wird auf deutschsprachigen Seiten im Internet oft als Quickfinder bezeichnet)

Dieser Sucher ist baugleich mit dem abgebildeten EZ Finder II von Orion.

RDA

ALLE AUFNAHMEN: HERSTELLERFOTOS

RDA

Preis: zirka 66,–€

Der RDA von Teleskop-Service ist ein massiver Sucher aus Metall, der auf die meisten Halterungen passt. Ein optionaler Sucherschuh ermöglicht die Montage auf jedem beliebigen Teleskop. Mit Basis ist er acht Zentimeter hoch, so haben Sie einen bequemen Einblick. Bastler können ihn aber auch ohne Basis (Bild links) kaufen. Er besteht aus Metall und wiegt 150 Gramm. Neben einem Leuchtpunkt stehen noch drei weitere Zielsymbole zur Auswahl: ein Kreuz, ein Zielkreis und eine Kombination von beiden. Eine Schutzlasche hält Verunreinigungen ab und verhindert Beschädigungen der Glasplatte beim Transport.

Sky Surfer III

Sky Surfer III

Preis: zirka 32,–€

Zum Schutz vor Feuchtigkeit wird die mit drei Zentimeter Durchmesser sehr großzügig bemessene Glasplatte dieses Suchers von Baader Planetarium beidseitig von stabilen Taukappen eingefasst. Er wiegt nur 72 Gramm und ist mit Adaptern für die meisten gängigen Suchermontierungen ausgestattet. Statt Telrad-Kreisen wird ein roter Leuchtpunkt projiziert, der stufenlos dimmbar ist. Ein Regler ist für die Helligkeit zuständig, zwei andere richten das Gerät aus.

Sky Surfer V

Sky Surfer V

Preis: zirka 94,–€

Dieser massive Leuchtpunktsucher von Baader Planetarium stammt eigentlich aus der Waffentechnik. Der modifizierte Sky Surfer V wiegt ohne den Teleskopadapter 282 Gramm. Gegenüber der Militärversion hat er besser vergütete Optiken und einen Leuchtpunkt mit elf verschiedenen Helligkeitsstufen. Zwei je vier Zentimeter lange Kappen halten Tau ab, außerdem ist das gesamte Innenleben durch O-Ringe vor Feuchtigkeit geschützt. Er ist ein besonders robustes Modell, das jetzt wesentlich friedlicheren Zwecken dient als seine Vettern auf Gewehren.

Wir haben das komplette Sky-Watcher-Programm auf Lager:

Reflektoren

114/500 EQ1	99,-	114/900 EQ-2	139,-
130/650 EQ-2	149,-	130/900 EQ-2	159,-
150/1200 EQ-3-2	249,-	150/750 EQ-3-2	279,-
200/1000 EQ-5	449,-		

Refraktoren

60/700 AZ-2	69,-	70/700 AZ-2	89,-
90/900 EQ-2	179,-	70/500 AZ-3	99,-
80/400 EQ-1	119,-	102/500 AZ-3	239,-
102/1000 EQ-3-2	339,-	120/600 AZ-3	399,-
120/1000 EQ-5	459,-		

EQ-6 Geräte mit GoTo-Computersteuerung
Unglaublich gutes Preis-/Leistungsverhältnis!

Newton-Reflektor	254/1200 EQ-6	1899,-
Refraktor	150/1200 EQ-6	1899,-

NEU: Sky-Watcher ProSeries
Spitzenoptiken mit Go-To-Montierungen!

Maksutov	150/1800 HEQ-5	1299,-
Maksutov	180/2300 HEQ-5	1999,-
ED-Refraktor	80/600 HEQ-5	1299,-
ED-Refraktor	100/900 HEQ-5	1599,-
ED-Refraktor	120/900 HEQ-5	2499,-

Steigen Sie ein in die Astrofotografie!
Bei uns erhalten Sie alles, was Sie dazu benötigen: Nachführungsmotoren für Ihr Teleskop, Adapter und Anschlussgewinde (T-Ringe) für Ihre Kamera ... Lassen Sie sich von uns beraten - wir sagen Ihnen was Sie brauchen!
Nachführungsmotoren für die EQ-1, EQ-2, EQ-3 sowie EQ-5-Montierung ab 49,-
2-fach-**Barlow-Linse mit Kamera-Adapter** 39,-
T-Ringe zum Anschluss an div. Kameras ab 9,90
Universal-Digitalkamera-Adapter 59,-

nur 99,-

Bresser PC-Okular
Mit dem sensationellen PC-Okular von Bresser sind Sie ab sofort in der Lage, Beobachtungsobjekte als farbige Videosequenzen auf Ihrem PC anzuschauen. Das PC-Okular empfiehlt sich überall dort, wo astronomische oder Land-Beobachtungen einer größeren Personengruppe mittels PC zugänglich gemacht werden sollen (z.B. Schulunterricht, Vorträge, Hobby-Abende). Die Videosequenzen können als Datei gespeichert werden. Einfach einsetzen – anschließen – loslegen.

Bresser Spezial
Zoom-Fernglas
12-36 x 70mm
inklusive Stativ!
nur 189,-

Weitere Ferngläser:

Seben Auto 7x50 nachtaktiv	29,90
Bushnell Trophy 10x42	199,-
Danubia Jumbo 20x80	488,-

Astroshop.de
Der **Astronomie-Fachversand** mit dem riesigen Sortiment - in unserem komfortablen Online-Shop finden Sie **über 3000 Artikel**. Natürlich bieten wir auch eine **kompetente Beratung** durch unsere erfahrenen Mitarbeiter, die selber engagierte Hobby-Astronomen sind.
www.Astroshop.de

Sonnenbeobachtung
Beobachten Sie mit diesen Artikeln die Sonne gefahrlos und ganz einfach - erleben Sie Sonnenfackeln und Sonnenflecken hautnah!

Baader Sonnenfilterfolie 20x30cm	24,90
Baader Sonnenfilterfolie 50x100cm	69,-
Solarscope - ein kleines Teleskop speziell für die Sonnenbeobachtung	49,-

Astro-Literatur für Einsteiger

Fernrohr-Führerschein in 4 Schritten
Das optimale Begleitbuch vor und nach dem Teleskop-Kauf - alles was Sie über Teleskope wissen sollten!
nur 14,90

Astronomie für Einsteiger	14,90
Skyscout - Sterne und Sternbilder einfach finden	9,90
Astrofotografie für Einsteiger	12,90
Astrofotografie in 5 Schritten	24,-
CCD-Astronomie in 5 Schritten	29,90
Deep Sky Reiseatlas	24,90
Software Redshift 5.1	79,-

Unsere Schnäppchenecke:
Artikel ab 0,50 € - alles online!
z.B. Astro-Kalender des Vorjahres, einzelne Okulare usw.

E-Mail: Service@Astroshop.de - Tel: 08191-915973 - Siemens-Str. 12 - 86899 Landsberg bei München - alle angegebenen Preise in EUR

PEIL- UND LEUCHTPUNKTSUCHER

Telrad

Telrad

Preis: zirka 50,– bis 60,–€

Der Klassiker unter den Peilsuchern sieht aus wie eine Schachtel. Der Telrad-Sucher wird mit zwei 1,5-Volt-AA-Batterien betrieben, wiegt 300 Gramm und ist 21 Zentimeter lang. Er projiziert ein Zielscheibenmuster mit Ringen, deren scheinbare Durchmesser ½, zwei und vier Grad messen. Die Basis befestigen Sie mit einem sehr starken doppelseitigen Klebeband; manche Anwender verwenden zur Sicherheit noch ein paar Schrauben. Ein Drehknopf funktioniert sowohl als Schalter als auch als Helligkeitsregler. Den Telrad können Sie durch drei kleine Schrauben auf der Rückseite justieren.

Der Telrad ist immer noch ein sehr beliebter (wenn nicht sogar der beliebteste) Visiersucher. Seine Zielkreise sind groß und hell. Von allen Modellen ist sein Muster am leichtesten zu erkennen. Außerdem benötigt er keine kleinen Spezialbatterien und verbraucht sehr wenig Strom.

QuikFinder von Rigel

QuikFinder von Rigel

Preis: zirka 50,–€

(wird auf deutschsprachigen Seiten im Internet oft als Quickfinder bezeichnet)

Der QuikFinder bietet viele der Vorteile wie der Telrad-Sucher, wiegt aber nur zirka 110 Gramm. Er projiziert zwei Zielkreise mit einem halben und zwei Grad Durchmesser. Alle Kontrollen sind praktisch an der Rückseite angebracht: ein großer Einschalt-/Dimmer-Knopf, ein Regler, um das Bild (auf Wunsch) mit unterschiedlichen Blinkraten aufleuchten zu lassen, und die drei Justierschrauben.

Der QuikFinder steht auf einer Basis, die entweder mit doppelseitigem Klebeband oder einer Schraube in der Basismitte am Teleskop befestigt wird. Er eignet sich besonders für kleine Fernrohre oder für den Fall, dass Sie einen leichten Sucher brauchen. Ein Nachteil ist das relativ kleine Sichtfenster. Außerdem wird die Knopfzellenbatterie lediglich durch zerbrechliche Klammern gehalten. Tauschen Sie die Batterie deshalb nur sehr vorsichtig aus.

LED-Sucher von Meade

LED-Sucher von Meade

Preis: zirka 15,–€

Dieser kleine LED-Sucher ist eine günstige Alternative zu den klassischen Suchern. Er projiziert einen einzelnen Punkt als Aufsuchhilfe. Ein Schiebeschalter regelt dessen Helligkeit. Bei Einsteiger-Teleskopen wie dem Bresser Stellar ersetzt dieses Modell mittlerweile standardmäßig das Sucherfernrohr.

BEZUGSMÖGLICHKEITEN

Leuchtpunktsucher sind wie jedes Teleskopzubehör bei einer Vielzahl von Händlern erhältlich. Der Preisvergleich kann sich lohnen! Die folgenden Händler haben zumindest einige der vorgestellten Sucher im Angebot, die Liste erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

APM Telescopes, Markus Ludes, Goebenstrasse 35, D-66117 Saarbrücken,
Telefon: 0681 9541161
www.apm-telescopes.de

---

astro-shop, Eiffestr. 426, D-20537 Hamburg, Telefon: 040 5114348
www.astro-shop.com

Astroshop.de, Siemens-Str. 12, D-86899 Landsberg am Lech,
Telefon: 08191 915973
www.astroshop.de

Astrocom GmbH, Fraunhoferstraße 14, D-82152 Martinsried,
Telefon: 089 8583660
www.astrocom.de

Augenoptik Bock, Schloßpassage 25, D-38100 Braunschweig
Telefon: 0531 45566-0
www.optik-bock.de/astronomie

Baader Planetarium, Zur Sternwarte, D-82291 Mammendorf
Telefon: 08145 8802
www.baader-planetarium.de

Fernrohrland, Max-Planck-Str. 28, D-70736 Fellbach, Telefon: 0711 9576017
www.fernrohrland.de

Galileo, Limmattalstr. 206, CH-8049 Zürich, Telefon: +41 44 3402300
www.galileo.cc

Gerd Neumann jr., Nottulner Landweg 104, D-48161 Münster-Roxel,
Telefon: 02534 977445
www.teleskope.de

Grab Astro Tech, Dorfstraße 26, D-74834 Elztal, Telefon: 06261 670015
www.teleskope.de

Intercon Spacetec, Gablinger Weg 9, D-86154 Augsburg, Telefon: 0821 414081
www.intercon-spacetec.de

Meade Instruments Europe GmbH & Co. KG, Gutenbergstraße 2,
D-46414 Rhede/Westfalen, Telefon: 02872 8074-0
www.meade.de

OSDV Göttker/Pietsch GmbH, Herbert-Wehner-Str. 1, D-59174 Kamen,
Telefon: 02307 970137
www.osdv.com

Teleskop-Service Ransburg GmbH, Keferloher Marktstraße 19 C,
D-85640 Putzbrunn-Solalinden, Telefon: 089 1892870
www.teleskop-service.de

Urlaubsfotos

Die kurzen Sommernächte haben viele Leser zum Fotografieren genutzt – hier zeigen wir einige ihrer schönsten Ergebnisse.

Mondmosaik
15 Aufnahmen einer Webcam wurden für dieses detailreiche Bild kombiniert. Als Teleskop diente ein 200/1200-Millimeter-Newton.

>> Mark Werler

Überraschender Besuch

Während der dreißig Sekunden, die diese Aufnahme des Sternbilds Kassiopeia mit einer Nikon D70 bei 18 Millimeter Brennweite belichtet wurde, huschte ein Iridium-Satellit vorbei.

>> Michael Wilkes

Im Lauf der Zeit

Mit einem Abstand von jeweils einem Tag dokumentiert diese kleine Fotoserie, wie rasch sich der Anblick des Monds ändert.

>> Ullrich Dittler

GLANZLICHTER

Déjà-vu

Im letzten Heft hatten wir Leuchtende Nachtwolken über Bremerhaven abgebildet – genau zur selben Zeit, nur vierzig Kilometer weiter südlich, entstand dieses Foto. Wer hat sie noch gesehen?

>> Torsten Damme

Nebel

Der Trifid-Nebel (oben) vereint rot leuchtenden Wasserstoff und blau schimmernden Staub. Für die Aufnahme kombinierte Rochus Hess gleich fünf Bilder.

Der Hantelnebel (unten) ist einer der größten Planetarischen Nebel. Wo Sie ihn finden, erfahren Sie im Planetarium auf S. 38.

>> Rochus Hess (oben)
>> Martin Wagner (unten)

Nachleuchten

Nachtleuchtende Wolken werden von der bereits untergegangenen Sonne beschienen – der Mond trägt hier nur zur Stimmung bei.

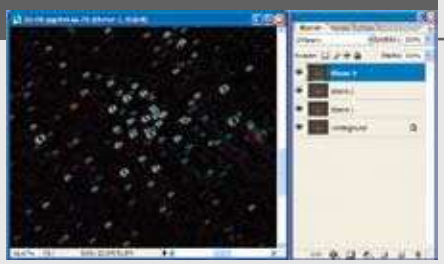
>> Jörg Reinhold

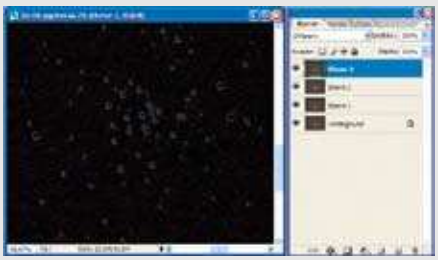
Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste JPEG-Bilder, jedoch keine Download-Links, CDs oder Zip-Archive. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an. Abzüge und Diapositive können nur zurückgesandt werden, wenn ein frankierter Rückumschlag beiliegt.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Stichwort: Glanzlichter
Postfach 10 48 40 • D-69038 Heidelberg • E-Mail: glanzlichter@astronomie-heute.de

Lagune am Sommerhimmel

LINKS: MICHAEL PLÖCKINGER; ÜBRIGE (BEARBEITUNG): STEFAN SEIP





In lauen Sommernächten ist der Lagunennebel (M 8) im Sternbild Schütze ein lohnendes Ziel – zumindest bei klarer Sicht zum Südhorizont. Bereits ein kleines Teleskop zeigt die quer durch den Nebel verlaufende Dunkelwolke. Aber erst lang belichtete Fotos zeigen die enorme Größe und die feinen Strukturen des Nebels.

Michael Plöckinger aus Niederösterreich hatte am Abend des 15. Juli 2006 gegen 23 Uhr eine digitale Spiegelreflexkamera Canon EOS 350D mit einem 500-Millimeter-Objektiv auf M 8 gerichtet. Die Kamera war huckepack auf einem Meade-LX-200-Teleskop, das als »Leitfernrohr« zur Nachführkontrolle diente. Er machte vier Aufnahmen mit je fünf Minuten Belichtungszeit bei Iso 800 und eingeschalteter Rauschunterdrückung.

Ein Blick auf eines der Rohbilder zeigt, dass viele wichtige Punkte erfüllt sind: Der Schärfepunkt wurde (fast) getroffen, die Nachführung lieferte nahezu punktförmige Sterne und das Zentrum des Nebels ist nicht überbelichtet. Schärfe und Nachführung sind aber, wenn man sehr kritisch ist, nicht optimal und könnten beim nächsten Versuch noch verbessert werden. Wenn Sie über den Kamerasucher fokussieren, müssen Sie sich an einem hellen Stern schrittweise der besten Schärfe annähern, indem Sie kurz belichten und die Bilder bei höchster Vergrößerung auf dem Kameradisplay miteinander vergleichen.

Auf dem Rohbild sehen Sie, dass die hellsten Kernbereiche des Nebels wenig rauschen, also keine grieselige Struktur aufweisen. Dort ist das Signal-zu-Rausch-Verhältnis hoch. In den lichtschwächeren Randregionen wird dieses Verhältnis jedoch ungünstiger und führt zu starkem Bildrauschen. Abhilfe schafft das Übereinanderlagern möglichst vieler Einzelbilder, wobei sich das Rauschen um den Faktor »Quadratwurzel« verringert. Bei der Kombination aus vier Bildern halbiert sich das Rauschen also, bei neun Bildern bleibt nur noch ein Drittel des Rauschens übrig und so weiter. Michael Plöckinger nahm die Bilder in der besten JPEG-Qualität auf, doch das »RAW-Format« ist bei solchen Aufnahmen eindeutig vorzuziehen.

Zuerst überlagerte ich die vier Bilder in »Photoshop« als »Ebenen«. Dabei ist es wichtig, die Ebenen passgenau zur Deckung zu bringen. Am leichtesten gelingt dies, wenn man bei der jeweils oberen Ebene den Überblendmodus »Differenz« wählt. Dann kann man das Bild mit den vier Cursortasten verschieben, bis es möglichst dunkel, die Differenz also möglichst klein wird. Danach stellen Sie den Überblendmodus zurück auf »Normal« und fahren mit der nächsten Ebene fort. Bei vier Ebenen stellen Sie die Transparenz anschließend wie folgt ein: Hintergrundebene: 100 %, erste Ebene: 50 %, zweite Ebene: 25 %, dritte Ebene: 12,5 %. Das Ergebnis ist eine Mittelwertbildung bei gleicher Gewichtung aller Aufnahmen.

Diese Technik, verfeinert durch leichte Schärfung der hellen Regionen, Anpassung der Tonwertkurven und Histogramme für den Rot-, Grün- und Blaukanal, führte letztlich zu einem sehr schönen Endergebnis. Michael Plöckinger gratuliere ich zu dem »First Light« seiner Kamera und wünsche ihm noch viele gelungene Astrofotos!

JPEG-Bildartefakte und starkes Bildrauschen am Rand werden sichtbar, wenn man die Tonwerte etwas streckt (links). Mittelwertbildung reduziert das Rauschen (Mitte). Ebenen-Ausrichtung in Photoshop: Der Überblendmodus »Differenz« macht Ungenauigkeiten sehr deutlich sichtbar (rechts oben). Bei perfekter Überlagerung wird das Bild dunkel, da die Differenz gering ist (darunter).

Fototipps vom Experten

Ein schönes Motiv – doch Ihr Bild ist nicht optimal geworden? Astrofotograf Stefan Seip gibt Ihnen Tipps, wie Ihre Fotos noch besser werden. Schicken Sie uns Ihre bearbeitete Aufnahme und das Rohbild zu!
redaktion@astronomie-heute.de

Stefan Seip

Astronaut voraus! Mit Orbiter können Sie künftige Raumfahrtmissionen schon einmal erproben.

Spritztour durchs Sonnensystem

Das PC-Programm Orbiter bietet Ihnen die Möglichkeit, selbst einmal Shuttlekommandant zu spielen. **>> Peter Strub**

Raketenstarts haben mich schon als Kind fasziniert. Ich habe oft davon geträumt, selbst im Cockpit eines Raumschiffs zu sitzen und zu den Planeten zu reisen. Mit Orbiter rückt dieser Traum ein Stückchen näher. Steigen Sie ein, nehmen Sie Platz und begleiten Sie mich auf einen kleinen Ausflug zur Internationalen Raumstation.

T minus 30 Sekunden. Das bedeutet in der Sprache der Raumfahrt: noch dreißig Sekunden bis zum Start. Unser Delta-Glider, ein futuristischer Spaceshuttle, steht am Anfang der Rollbahn 33 in Cape Canaveral. Er ist eigentlich ein einziger Flügel, der sich dreiecksförmig von der schmalen Nase bis zum breiten Heck spannt. Die Passagiere sind angeschnallt, alle Bordsysteme wurden ein letztes Mal überprüft und unser Etappenziel, die ISS, wird bald über unseren Startplatz hinwegziehen. Genau der richtige Moment, um diese möglichst Treibstoff sparend zu erreichen.

Virtuelle Raumfahrt

Orbiter ist ein Raumfahrtsimulator, also ein Programm, das versucht, möglichst viele Aspekte der Raumfahrt auf realistische Weise im Computer nachzustellen. »Realistisch? Trotz eines futuristischen Raumschiffs?«, werden Sie vielleicht fragen. Nun, der Delta-Glider unterscheidet sich von aktuellen Raumschiffen vor allem dadurch, dass er ungefähr zehnmal sparsamer mit seinem Treibstoff umgeht als diese. Man kann zwar darüber streiten, ob ein solches Raketentriebwerk in dreißig, fünfzig oder erst hundert Jahren gebaut wird. Das Flugverhalten eines derartigen Gleiters kann man aber auch heute schon simulieren.

Dabei lässt Ihnen das Programm die Wahl zwischen so ziemlich jedem Flugkörper, der schon einmal im Weltraum war. Dank der Arbeit vieler Fans gibt es beispielsweise eine Spaceshuttleflotte, eine akribisch genau nachgebildete Apollo-Mondmission oder auch Exoten wie das Orion-Projekt – eine Nasa-Konzeptstudie, in der ein Raumschiff durch Wasserstoffbomben angetrieben werden sollte. Das alles ist aber eher etwas für erfahrene Raumpiloten, weil man sich meist peinlich genau an die optimale Flugroute halten muss, um nicht im entscheidenden Moment ohne Sprit dazustehen. Für Einsteiger ist das besonders frustrierend, denn als solcher hat man schon mit genug anderen Problemen zu kämpfen.

Der Rote Planet wurde schon von vielen Raumsonden besucht – wollen Sie ihnen folgen?

Der Delta-Glider ist da viel umgänglicher, weil dank ausreichender Kraftreserven viele Flugfehler auch nachträglich noch korrigiert werden können.

T plus 0 Sekunden. Der Lärm der Raketentriebwerke dröhnt auf, und wir spüren, wie uns ihre Kraft in die Sitze presst. Es ist eigentlich fast wie in einem gewöhnlichen Flugzeug. Wir beschleunigen auf der Rollbahn, und als nach gut zehn Sekunden unsere Geschwindigkeit 350 Kilometer pro Stunde erreicht, heben wir ab. Schnell noch das Fahrwerk einziehen, dann nehmen wir in einer steilen Rechtskurve Kurs nach Nordosten, denn das ist die Richtung, in der auch die ISS über uns ihre Bahn zieht.

Auch wenn es sich bei Orbiter um einen Raumfahrtsimulator handelt, wird die Aerodynamik beim Flug durch die Atmosphäre recht genau genommen. Wer schon einmal mit einem Flugsimulator am Computer geflogen ist, wird sich hier schnell intuitiv zurechtfinden. Noch besser ist es, wenn man auch noch einen Joystick besitzt – in der Luft kann man damit sein Raumschiff viel feinfühliger steuern. Gerade beim Wiedereintritt aus der Umlaufbahn ist das überlebenswichtig, denn hier kommt es peinlich genau darauf an, die Nase des Raumschiffs im richtigen Winkel nach oben auszurichten. Sonst entsteht zu viel Reibungshitze und Sie verglühen in einem großen Feuerball. Schade, dass die meisten in der Standardinstallation enthaltenen Raumschiffe nur die mechanische Belastung simulieren, nicht jedoch die Erhitzung. Deshalb ziehe ich den als Erweiterung erhältlichen Delta-Glider III (siehe Kasten unten) dem mitgelieferten Modell vor. Hier melden virtuelle Sensoren, wie heiß verschiedene Bereiche der Außenhaut sind, und Sie werden unmissverständlich darauf hingewiesen, wenn das Raumschiff Gefahr läuft, der Glut nicht mehr standhalten zu können.

T plus 60 Sekunden. Der Kurs stimmt, und ein beherzter Zug am Steuerknüppel lässt den Delta-Glider fast senkrecht in den Himmel steigen. Rasch lassen wir die dichteren Schichten der Atmosphäre unter uns. Mit zunehmender Höhe wird der Luftwiderstand geringer. Unser Raumschiff nimmt Geschwindigkeit auf. Um auch in horizontaler Richtung weiter zu beschleunigen, senken wir die Nase des Gleiters, bis sie nur noch vierzig Grad in den Himmel ragt. Schließlich reicht es nicht, nur in die Höhe zu steigen, für eine stabile Erdumlaufbahn benötigen wir auch eine Geschwindigkeit von etwa 28 000 Kilometer pro Stunde, damit die Fliehkraft unserer Kreisbewegung die Erdanziehung ausgleichen kann.

Zunehmend erkennen wir auch die Kugelform der Erde. Auf leuchtend blauem Wasser zeichnen sich filigrane Inseln ab, zugedeckt von ein paar Schäfchenwolken in einer dünnen, sanftblauen Atmosphäre.

Grafisch ist Orbiter ein Augenschmaus, sobald man im Weltraum ist. Bodenstationen und Landebahnen sind zwar oft recht einfach gehalten, das kann der Stimmung aber kaum etwas anhaben.

Die Tücken des Raumflugs

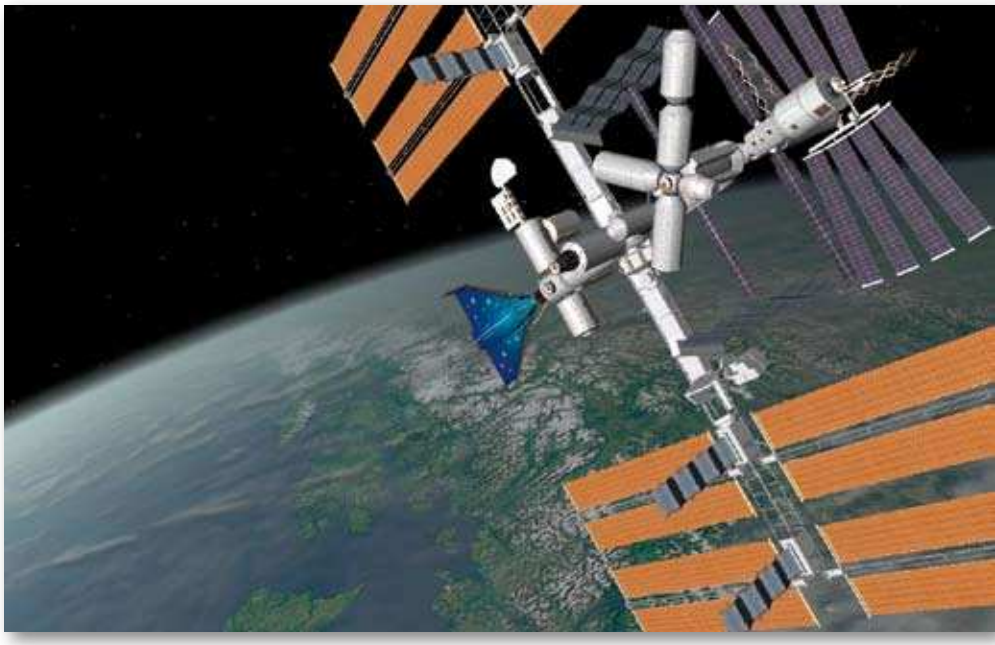
Spätestens hier ist der Punkt erreicht, an dem man erstmals Kontakt mit der Himmelsmechanik bekommt – und vermutlich mit seiner im Flugsimulator erworbenen Intuition schnell auf die Nase fällt. Zum einen wird das räumliche Vorstellungsvermögen ganz schön auf die Probe gestellt, zum anderen muss man sich erst mal daran gewöhnen, dass das Dahinrasen auf einer Ellipsenbahn keinerlei Treibstoff verschlingt, jede Bahnänderung dagegen schon. Eine knappe, aber vollständige Einführung in die Himmels- >

Virtuelles Zubehör

Für nahezu unverzichtbar halte ich auch folgende Erweiterungen:

OrbiterSound von Dan Steph (http://orbiter.dansteph.com/index.php?disp=d) ist ein Paket, das Orbiter um eine Palette an Hintergrundgeräuschen erweitert. Das trägt zur Atmosphäre der Simulation bei, und andere Pakete, wie beispielsweise der Delta-Glider III, den man dort vom selben Autor bekommt, setzen es zwingend voraus. Diesen ziehe ich mittlerweile dem im Standardumfang enthaltenen Delta-Glider vor, weil er an ein paar entscheidenden Stellen mehr Realismus ins Spiel bringt. Beispielsweise wird hier auch die beim Wiedereintritt in die Atmosphäre wichtige Außentemperatur des Gleiters simuliert oder der Luftverbrauch der Crew, die man auch mal zum Weltraumspaziergang hinausschicken kann.

Auf der Seite www.orbithangar.com kann man nach Herzenslust nach Erweiterungen stöbern. Man stößt dort auf viele neue Raumschiffe, zusätzliche Raumhäfen und Landeplätze, einen Aufzug in den Weltraum und zahlreiche neue Multifunktionsdisplays. Zwei dieser unzähligen fand ich besonders nützlich. Zum einen das **Interplanetary MFD** von Jarmo Nikkanen, das bei der Planung von Flügen zu anderen Planeten hilft und etwas leichter zu durchschauen ist als das mitgelieferte TransX. Zum anderen das **AeroBrake MFD** von Gregorio Piccoli, mit dem man seinen Flug in der Atmosphäre genau vorausplanen kann – sei es, um den Zielflughafen zu erreichen, oder auch, weil man die Aerobraking-Manöver nachvollziehen will, mit denen schon Marssonden ihre endgültige Bahn erreichen konnten.



Die Raumfähre Atlantis wird nach ihrer Außerdienststellung virtuell weiterfliegen – und kann zumindest im Computer die Internationale Raumstation erreichen.

> mechanik und die verschiedenen Bahnmanöver ist in der Anleitung zu Orbiter enthalten. Wem das nicht reicht, der findet im Internet auch umfangreichere Tutorials zu dem Programm.

T plus 11 Minuten. Die Triebwerke schalten ab, und wir haben eine stabile, nahezu kreisförmige Umlaufbahn in gut 200 Kilometer Höhe über der Erdoberfläche erreicht. In dieser Höhe ist die Atmosphäre so dünn, dass auch über Tage hinweg die Bahn unseres Raumschiffs nicht merklich absinkt. Damit wir uns der ISS weiter nähern können, müssen wir allerdings noch ein paar Änderungen an unserem Kurs vornehmen, um ihn möglichst exakt dem Orbit der ISS anzugleichen. Zum einen soll sie natürlich in derselben Ebene liegen, zum anderen genau die gleiche Größe und Umlaufzeit besitzen. Und zu guter Letzt müssen wir ja auch innerhalb dieser Bahn möglichst nah an die ISS herankommen. Die hierzu nötigen Manöver können nur an bestimmten Punkten der Umlaufbahn durchgeführt werden und so kommt es, dass wir erst nach mehreren Erdumrundungen von jeweils neunzig Minuten der Station näher kommen.

In der Zwischenzeit können wir uns mal ein wenig in unserem Raumschiff umsehen. Neben den selbstverständlichen Dingen wie Steuerknüppel, Schub und Lageregelung gibt es in jedem Raumschiff zwei Multifunktionsdisplays (kurz MFDs), auf denen zwischen verschiedenen Informationsanzeigen ausgewählt werden kann.

Beispielsweise können Sie umfangreiche Daten über den momentanen Orbit erhalten oder sich den Verlauf der Umlaufbahn über der Erdoberfläche anzeigen lassen. Zur Bedienung sind – wie in der Luftfahrt üblich – Knöpfe an beiden Seiten des Bildschirms angeordnet, mit denen bestimmte Funktionen abgerufen werden können.

Wie fliegt man ein Raumschiff?

Im Fall einfacherer MFDs erreicht man die gewünschten Informationen auch recht schnell und unkompliziert. Bei komplexeren Problemen, wie zum Beispiel der Routenplanung Richtung Saturn mit einem Swing-by am Jupiter, stößt die Übersichtlichkeit jedoch an ihre Grenzen. Nicht, dass Sie das damit nicht erreichen könnten – aber die Bedienung gestaltet sich durch die kleine Anzeigefläche und beschränkte Anzahl an Knöpfen relativ komplex, und Sie brauchen schon eine Weile, um die Funktionen wirklich zu durchschauen und die notwendigen Tastenfolgen zu verinnerlichen.

Wem die mitgelieferten MFDs nicht reichen, kann auf eine große Auswahl an Erweiterungen zurückgreifen, die im Prinzip jeder erstellen kann, der des Programmierens mächtig ist. Zwei davon, die ich besonders nützlich finde, sind im Infokasten auf S. 73 beschrieben.

Darüber hinaus kann jedes Raumschiff, je nach Kreativität und Fleiß der jeweiligen Autoren, sein originales Cockpit erhalten. Beim Apollo-Projekt geht das beispielsweise so weit, dass jeder einzelne Schalter der Kommandokapsel vorhanden und mit der richtigen Funktion belegt ist. Sie müssen sogar die damals verwendeten Checklisten abarbeiten, um den Mond zu erreichen.

Während die Passagiere eines wirklichen Raumflugs sich die Zeit mit dem Blick aus dem Fenster vertreiben müssen, habe ich als Bildschirmpilot die Möglichkeit, den Zeitverlauf stufenweise zu beschleunigen. Im Erdorbit kommt mit hundert- bis tausendfach verkürzter Zeit kaum Langeweile auf, für Reisen zu anderen Planeten kann die Zeit sogar bis zu hunderttausendfach schneller vergehen – ein Tag schrumpft auf etwa eine Sekunde zusammen! Das ist allerdings nicht ganz ohne Tücken: Durch den schnelleren Zeitverlauf werden auch die Zeitabstände, mit denen die Raumschiffbahn berechnet wird, immer größer. Im interplanetaren Raum, wo man sich nur recht langsam durch das Schwerefeld der Sonne bewegt, ist das nicht weiter tragisch. In der Nähe von anderen Himmelskörpern kann aber die Genauigkeit der Bahnberechnung so stark abnehmen, dass man sich auf einmal unversehens auf der Planetenoberfläche wiederfindet, obwohl Sie eigentlich in einer stabilen

Umlaufbahn waren. Gefährlich ist es auch, wenn Sie einen der Lageregelungsautopiloten aktiviert haben, um beispielsweise dauerhaft prograd, also in Vorwärtsrichtung der Flugbahn ausgerichtet zu bleiben. Jenseits der hundertfachen Zeitkompression gerät das Raumschiff dann häufig in eine wilde Taumel- und Kreiselbewegung, die nicht mehr unter Kontrolle zu bekommen ist. Erst nach mehreren Tagen habe ich entdeckt, dass man hier im Szenario-Editor ein wenig schummeln kann, indem man die Rotation seines Raumschiffs auf null setzt. Sich durch so einen Ausrutscher eine lange Raumfahrtmission kurz vorm Ziel zu vermasseln, kann sehr frustrierend sein.

T plus 9½ Stunden. Wir haben Sichtkontakt mit der ISS, noch ist sie etwa fünfzig Kilometer entfernt. Dabei verringern wir stetig unsere Annäherungsgeschwindigkeit und kontrollieren in regelmäßigen Abständen, dass wir uns auch weiterhin in Richtung Raumstation bewegen. Als wir nur noch knapp zehn Kilometer entfernt sind, bringen wir unser Raumschiff zum Stillstand gegenüber der ISS. Durch ein Funksignal von ihr wird jetzt nämlich unser Zielanflug zum Dockinganschluss als Reihe von Rechtecken eingeblendet, deren Anfang wir jetzt wie einen virtuellen Tunnel ansteuern. Auf den letzten paar hundert Meter bewegen wir uns mit kaum mehr als Schrittgeschwindigkeit auf unser Ziel zu. Jetzt kommt es darauf an, mit Hilfe des Docking-MFDs die richtige Stelle auf weniger als dreißig Zentimeter genau zu treffen. Gleichzeitig darf das Raumschiff keine verdrehte oder verkippte Ausrichtung einnehmen. Die letzten Meter legen wir nur noch mit ein paar Zentimeter pro Sekunde zurück, und dann das erlösende Geräusch: Wir sind angedockt. Luftschleusen auf, der ISS-Crew die Hände schütteln, den Delta-Glider wieder auftanken – und wir sind bereit, uns neuen, weiter entfernten Zielen zu widmen.

Was bleibt unterm Strich? Orbiter bietet eine umfassende Simulation der Raumfahrtphysik und kann gleichzeitig die grandiose Atmosphäre eines Blicks aus dem Cockpit vermitteln. Der Fantasie sind kaum Grenzen gesetzt. Wer den Aufwand nicht scheut, kann sogar Raumbasen und Raumschiffe von Grund auf neu entwerfen oder ein neues Sonnensystem erschaffen. Vermutlich wird man aber schon im riesigen Angebot an vorhandenen Erweiterungen fündig. Als Kritikpunkt bleibt vor allem die stellenweise etwas holprige Bedienung, die mir anfangs so manchen Stein in den Weg gelegt hat. Schnell hat mich aber immer wieder die Faszination gepackt und so habe ich mich Stück für Stück an die Eigenheiten gewöhnt. Wenn Sie die Aussicht auf ein Studium von Himmelsmechanik und Raumfahrttechnik spannend finden, wird Ihnen Orbiter genauso viel Spaß machen wie mir!

Grundpaket und Erweiterungen

Bis zur hier getesteten Version 2006 ist Orbiter kostenlos erhältlich und liegt nur in englischer Sprache vor. Unverzichtbar ist natürlich das von Martin Schweiger als »Basic Distribution« bezeichnete Paket mit einer Größe von fünfzig Megabyte. Man bekommt es auf der Orbiter-Homepage. Wenn Ihr Computer ausreichend schnell ist, kann ich nur empfehlen, auch die »Planetary Extension Packages« und »Vessel Extension Packages« für höher aufgelöste Planetenoberflächen und Raumschiffe herunterzuladen. Dabei kommen zwar zusätzlich mehrere hundert Megabyte zusammen, aber wer auch ein wenig auf die optischen Reize der Raumfahrt Wert legt, wird es nicht bereuen. Wem die mitgelieferte Anleitung nicht reicht, der sollte einen Blick in das mit vielen Beispielszenarien versehene Tutorial »Go Play in Space2« (www.orbiter.migman.com/orbiter.htm, zirka neun Megabyte) werfen. Für viele Probleme gibt es auch im rege genutzten Diskussionsforum auf der Orbiter-Webseite Antworten. <<

Peter Strub würde sich am liebsten gleich für den Pilotenschein anmelden …

Orbiter-Schnellstart

Systemanforderungen Als Minimum werden ein 600-MHz-Prozessor mit 256 Megabyte Arbeitsspeicher, eine 3-D-Grafikkarte mit Geometriebeschleunigung und 16 MB Video-RAM sowie 120 MB freier Festplattenplatz genannt.

Auf meinem etwa drei Jahre alten Rechner mit Athlon XP 2000+, 768 MB Arbeitsspeicher und 128 MB Grafikkarten-Speicher läuft Orbiter auch auf höchster Detailstufe sehr flüssig.

Download www.orbitersim.com

Wissen aus erster Hand

spektrumdirekt
Die Wissenschaftszeitung im Internet

Die Redaktion von spektrumdirekt informiert Sie online schnell, fundiert und verständlich über den Stand der Forschung.

www.spektrumdirekt.de/info

Max Valier
Der Vorstoß in den Weltenraum

R. Oldenbourg-Verlag, München 2006
fotomechanischer Nachdruck der 1924 erschienenen Erstausgabe
104 Seiten, 4 Fotos, 35 Abbildungen
ISBN 3-8334-4221-2
25,– €

Alle rezensierten Bücher, CD-Roms und DVDs können Sie in unserem Science-Shop bestellen.

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

Mühsam ist der Weg ins All

Dieses kleine Büchlein hat es in sich. Der Raketenpionier Max Valier wollte mit ihm das doch sehr stark auf die Fachwelt ausgerichtete Werk von Hermann Oberth »Die Rakete zu den Planetenräumen« einem größeren Publikum zugänglich machen. Ohne eine tiefere Auseinandersetzung mit der Thematik geht das jedoch nicht. Dabei erleichtert »Der Vorstoß in den Weltenraum« das Begreifen der grundlegenden Problematik, indem zunächst ein direkter Bezug zu einem wirklich populären Werk, nämlich Jules Vernes »Reise zum Mond« hergestellt wird. Dieser schickt seine Protagonisten mit Hilfe einer gigantischen Kanone zum Erdtrabanten.

Valier rechnet dieses Vorhaben in allen Einzelheiten vor und macht deutlich, warum es von vornherein zum Scheitern verurteilt ist. Die einzige Möglichkeit, die einem Astronauten bleibt, ist der Flug mit einer Rakete.

Das wird so weit vertieft, dass auch die Wahl des Treibstoffs erklärt wird und, dass als einzig sinnvolle Realisierung eine mehrstufige Rakete in Frage kommt. Die einzelnen Stufen werden dabei mit unterschiedlichen Triebwerken ausgestattet, um in jeder Phase des Aufstiegs den effizientesten Schub zu erzeugen.

Statt wie Oberth die Raketengleichung und ihre Verwendung in mathematischer Formelsprache zu präsentieren, arbeitet Valier viel mit Diagrammen, in denen die Kurven und Integrale durch ihre geometrische Form den Leser zum Ergebnis führen. Dies erfordert zwar etliches an Hirnschmalz, ist aber ohne Mathematikstudium machbar.

Wenn Sie sich also für die Grundlagen der Astronautik interessieren, sollte dieses Werk in Ihrer Bibliothek nicht fehlen. Dem Herausgeber des Nachdrucks, Dieter von Reeken, gebührt Dank für sein Buchprogramm, das er als Liebhaberprojekt betreibt! >> Oliver Dreissigacker

Schöne Sternbilder

Klaus M. Schittenhelm
Sterne finden ganz einfach
Die 25 schönsten Sternbilder sicher erkennen

Kosmos-Verlag, Stuttgart 2005
94 Seiten mit 29 farbigen Sternkarten
44 Fotos und 32 Illustrationen
ISBN 3-440-10220-3
9,95 €

Von Pablo Picasso stammt der Ausspruch: »Ich suche nicht, ich finde.« Im Titel dieses Sternführers lesen wir »Sterne finden ganz einfach«. Im Untertitel ist von den »25 schönsten Sternbildern« die Rede, und ich frage mich, welche Sternbilder sind nun »schön« und welche nicht? Ich bin skeptisch, doch schon beim ersten Durchblättern des großformatigen Bands lösen sich meine Bedenken in Luft auf.

Das Buch ist gut gegliedert: Eine kurze Einführung hält für Anfänger brauchbare Tipps zur ersten Orientierung am Himmel und die ersten Beobachtungsnächte parat. Der Hauptteil präsentiert – nach Jahreszeiten sortiert – in vier Kapiteln jene 25 Sternbilder, die der Autor für würdig genug befand, um sie in sein Werk aufzunehmen. Zu jedem dieser Sternbilder gibt es eine nach Süden ausgerichtete Karte, die das Firmament in unseren Breiten gegen 23 Uhr zur Mitte desjenigen Monats zeigt, in dem es am besten beobachtet werden kann. Daneben finden sich in knappen, informativen Texten Beobachtungshinweise, etwa zur Geschichte der Sternbildbezeichnungen oder zu einzelnen besonders sehenswerten Objekten.

Die Grafiken sind sehr ansprechend und groß genug, um mit ihnen Sternbilder identifizieren zu können. Am Kartenrand ist immer ein Maßstab sichtbar, der für eine grobe Einschätzung der Größenverhältnisse und Distanzen völlig genügt: eine Hand am ausgestreckten Arm.

Wer diesen Sternführer nutzt, der sucht nicht mehr, er findet, um mit Picasso zu sprechen. Astro-Neulinge haben mit ihm ein gutes Hilfsmittel an der Hand, um sich anhand der 25 beschriebenen Sternbildern auch die restlichen zu erarbeiten.

Für Anfänger ist dieses preisgünstige Buch sehr empfehlenswert. Gerade Kinder und Jugendliche dürften damit schnell und dauerhaft vom Astronomievirus infiziert werden. Und Erfolge beim nächtlichen Beobachten sind immer besonders »schön«. >> Stefan Oldenburg

Lambert Spix

Moonscout

Mondmeere, Krater und Gebirge einfach finden und beobachten

Oculum-Verlag, Nürnberg 2006
mit einer Übersichtskarte, 13 Mondphasenkarten, Fotos und Abbildungen
ISBN 3-938469-09-9
9,90 €

Handliche Karten für Mondspaziergänger

Der Mond ist der Herrscher der Nacht. Er treibt ein foppendes Spiel mit den Astronomen, indem er die Nächte aufhellt, wenn er feist und fett am Nachthimmel hängt. Aus dieser Not gilt es eine Tugend zu machen: Kein anderer Himmelskörper ist so leicht zu beobachten wie der Mond. Mit dem Teleskop wandern wir über die Mondlandschaften, die Aussicht auf unseren Trabanten ist von keiner Atmosphäre getrübt und durch den Wechsel der Mondphasen erscheinen Landschaftsformationen in immer neuem Licht.

Für den Blick zum Mond hat AH-Feldstechertipp-Autor Lambert Spix nun ein handliches Kartenset entwickelt, das sich auf Grund seiner Ringheftung und Laminierung ideal für den Feldeinsatz eignet. Die Aufmachung ist ebenso alltagstauglich wie die des »Skyscout« desselben Autors (siehe Besprechung in ASTRONOMIE HEUTE 1-2/2006, S. 90).

Zentraler Bestandteil des Moonscout sind Karten, die den Erdtrabanten in verschiedenen Phasen zeigen. Diese sind nach zunehmendem Mondalter angeordnet, beginnend mit der dritten Nacht nach Neumond bis zur schmalen Sichel kurz vor Neumond. Im Abstand von jeweils zwei Tagen decken die insgesamt 13 Karten eine volle Lunation ab. Die Phasenkarten zeigen den Mond in einer Orientierung, wie sie dem Anblick mit bloßem Auge oder im Fernglas entspricht. Das gibt nicht unbedingt die Ansicht im Fernrohr wieder. Diese Problematik wird zwar in der Einführung kurz erwähnt, doch ich denke, hier wäre eine kurze Beschreibung der Objektansicht in unterschiedlichen Teleskopsystemen sinnvoll gewesen.

Auf den Phasenkarten sind die wichtigsten Formationen markiert. Ein Farbcode zeigt dem Beobachter schnell, wie viel Erfahrung für die einzelnen Objekte notwendig ist. Bei jeder Formation steht ein Verweis auf eine Textkarte, die kurze Erläuterungen über die beobachtete Region enthält. Kleiner Kritikpunkt hier: Die international üblichen, lateinischen Bezeichnungen für die Maria fehlen leider, was das Verständnis anderer Mondkarten erschwert.

Dem zentralen Teil der Phasenkarten ist eine Einführung vorangestellt. Hier werden wichtige Begriffe wie Libration, Terminator oder Mascon erklärt und die verschiedenen Geländearten des Monds vorgestellt. Diese Einführung ist aber sehr knapp gehalten, wohl um das handliche Format des Moonscouts nicht zu sprengen. Auf den letzten Karten finden sich Termine von Vollmond, Neumond und Mondfinsternissen, »Der Mond in Zahlen« sowie ein alphabetisches Verzeichnis aller Krater, Meere, Gebirge und Täler, die in dem Kartenset abgebildet sind.

Erklärtes Ziel dieser Kartensammlung ist es, dem Mondbeobachter die Lage der großen Mondmeere und der wichtigsten Strukturen auf dem Mond zu erklären. Diese Formationen zu kennen gehört zur Allgemeinbildung jedes Amateurastronomen und ist für ausgedehnte Mondspaziergänge unverzichtbar.

Von einem Kollegen weiß ich, dass er sowohl den Moonscout als auch den Skyscout stets im Handschuhfach mit sich führt. Hätte ich ein Auto, würde ich das auch tun.

>> Stefan Taube

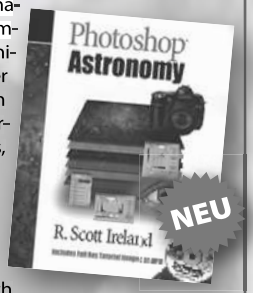
Atlas der Messier-Objekte

Eine gelungene Mischung aus Beobachtungshilfe und Bildband. Das großzügige Format und die aufwändige optische Gestaltung machen die Lektüre zu einem echten Genuss! Eine derartig umfangreiche und vollständige Darstellung zu den Messier-Objekten hat es bisher in deutscher Sprache noch nicht gegeben. Die Beschreibung zu den Objekten gliedern sich in die Abschnitte Historie, Astrophysik und Beobachtung. Gleichgültig ob das Interesse eher historisch, theoretisch oder praktisch ausgerichtet ist, kommt jeder mit diesem Buch auf seine Kosten.

€ 59⁹⁰

Photoshop Astronomy

Der Autor arbeitet seit fast 10 Jahren mit Photoshop, um seine Astrofotos zu bearbeiten. Die dabei gemachten Erfahrungen hat er in diesem speziell auf die Bedürfnisse des Amateurastronomen zugeschnittenen Buch gesammelt. Die behandelten Themen sind unter anderem: die technische Ausstattung, Farbmanagement, Histogramme, Maskierungstechniken, Addition mehrerer Bilder, Korrektur von Vignettierungen, korrektur von Farbhalos, Deformationen oder überbelichteten Sternen, LRGB und vieles mehr. Auf der beigefügten DVD befinden sich alle im Buch besprochenen und verwendeten Beispielbilder.



€ 39⁹⁰

Astronomik UHC-E

Diese neue Variante des UHC-Filters ist eine günstige Ergänzung unseres Angebotes. Gegenüber dem Profi UHC-Filter ist die Halbwertsbreite etwas größer, die Transmission etwas geringer (typisch 94% gegen 98%). Dadurch liefert etwas weniger kontrastreiche Bilder an größeren Fernrohren. Durch seine Eigenschaften können wir den UHC-E-Filter als preiswerte Alternative für Geräte bis 15cm Öffnung empfehlen.

ab € 65⁰⁰

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
www.astro-shop.com/ahoi

Mittwoch, 20. September

**salto orbital –
Mit Thomas Reiter im Weltraum**

Thomas Reiter lebt und arbeitet seit dem 4. Juli auf der Internationalen Raumstation ISS. Das neue Nachtprogramm »salto orbital« zeigt die Höhepunkte von Reiters Aufenthalten in der Erdumlaufbahn und das Training im Johnson Space Center, Houston, im Sternenstädtchen Swjosdny Gorodok bei Moskau und in der Heimatbasis der Europa-Astronauten in Köln

ZDF, 4.00 Uhr, danach immer mittwochs und donnerstags in den frühen Morgenstunden

SCALED COMPOSITES LLC

**Die Erben des Ikarus:
Flightpath – Urlaub im All**

Zehn Millionen US-Dollar winkten dem, der zuerst mit privaten Mitteln ein Raumschiff für drei Passagiere konstruiert, hundert Kilometer hoch fliegt, sicher landet und das Ganze innerhalb von zwei Wochen wiederholt. Das SpaceShipOne (Bild) gewann mit dem »X-Price« den bisher höchstdotierten Preis in der Geschichte der Luft- und Raumfahrt

Discovery Channel, 10.10 Uhr

**Superbauten:
Die Internationale Raumstation**

Bisher hat die Internationale Raumstation ISS schätzungsweise sechzig Milliarden US-Dollar verschlungen. Der Ausbau ist in Verzug geraten. Nur wenn der Shuttle seinen Flugplan einhält und die Bauteile ins All befördert, kann die ISS vollendet werden. Diese Folge schildert, wie 16 Nationen an dem Projekt mitarbeiten

Discovery Channel, 19.20 Uhr

Sonntag, 24. September

Saga der Wissenschaften (11/12)

Die Reihe stellt wichtige Forscher vor, die die Entwicklung der Wissenschaften entscheidend geprägt haben. Diese Folge widmet sich Thales von Milet, Pytheas von Massalia und Aristarchos von Samos, die bereits in der Antike Teile unseres modernen Weltbilds vorwegnahmen

arte, 13.05 Uhr

Montag, 25. September

**Expedition Weltall (1/2):
Die Zeit des Aufbruchs**

Viele Forscher kamen über die Sciencefiction zu ihrer heutigen Tätigkeit. Die Dokumentation zeigt, wie Wissenschaftler, die in ihrer Kindheit zu begeisterten Zuschauern der Star-Trek-Filme und -Serien gehörten, heute die einstigen Zukunftsvisionen mit eigenen Ideen übertreffen

arte, 19.00 Uhr

Dienstag, 26. September

**Planet Wissen: Raumsonden –
Mit Hightech ins Unendliche**

Waren es in den 1960er Jahren noch Maschinen, die auf Fernsteuerung durch den Menschen angewiesen waren, so erkunden heute Robotersonden das All, die viele Aufgaben selbstständig bewältigen. Die Sendung berichtet von den spektakulärsten Missionen zu den Planeten. Zu Gast ist Professor Ulrich Walter

Bayern alpha, 6.15 Uhr

**Planet Wissen:
Der Mond – Die Wiederentdeckung des Erdtrabanten**

Im Jahr 2018 sollen wieder Astronauten auf dem Mond landen – so die Pläne der amerikanischen Weltraumbehörde Nasa. Grund genug, den Erdtrabanten genauer in den Blick zu nehmen und sich auch mit den Zweifeln an den Mondlandungen zu beschäftigen. Weitere Themen sind die Entstehungsgeschichte unseres Nachbarn im All und sein Einfluss auf unseren Alltag. Zu Gast ist Professor Ulrich Walter

SWR, 14.00 Uhr
Wdh. WDR um 15.00 Uhr

Mittwoch, 27. September

Raumtraum: Der Tourismus erobert den Weltraum

Wer hat nicht schon einmal davon geträumt, ins Weltall zu fliegen? Bisher jedoch konnten sich nur zwei Touristen einen solchen Ausflug auf die Internationale Raumstation leisten. Private Reiseanbieter nehmen sich inzwischen dieser Wünsche an und bieten zum Beispiel den Besuch eines Raketenstarts, Astronautentraining oder Parabelflüge an. Michael Wolff traf Weltraumtouristen aus der ganzen Welt

arte, 19.00 Uhr

Freitag, 29. September

**Geheimnisse der Wissenschaft:
Einschlag der Riesen-Meteoriten**

Der Aufprall von Asteroiden und Kometen auf die Erde hatte stets verheerende Auswirkungen und veränderte zuweilen den Lauf der Evolution. Auf der ganzen Welt suchen Wissenschaftler nach den Spuren der Vergangenheit. Das Geschehen im All überwachen sie mit Teleskopen. Werden sie bald gegen die Himmelskörper ins Feld ziehen müssen, um die Zukunft unseres Planeten zu sichern?

arte, 19.00 Uhr

**SPIEGEL TV Themenabend:
Signale aus dem Weltraum**

Sind wir allein im Universum? Seit Menschengedenken bewegt diese Frage jeden, der in den Sternenhimmel blickt. Der Gedanke an Ufos und Aliens inspirierte nicht nur Fantasten, sondern auch ernst zu nehmende Wissenschaftler. Das Seti-Projekt der Nasa beschäftigt sich mit der Suche nach extraterrestrischer Intelligenz.

Im zweiten Teil des Themenabends geht es um Megablitze. Die so genannten »Sprites« treten oberhalb der Wolkendecke auf und können bis zu hundert Kilometer in die Höhe schießen. Welche Gefahren stellen sie für die Luft- und Raumfahrt dar?

VOX, 22.55 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

MitternachtsMagazin
Thema: Schwerelos leben?

Wir Menschen sind durch die Evolution an den Planeten Erde, an dessen Lebensbedingungen und vor allem an dessen Gravitation angepasst. Im Weltall sind alle diese Bedingungen anders. Hinzu kommt die Strahlung, gegen die wir Schutz brauchen. Menschen geraten bei der Raumfahrt an ihre körperlichen Grenzen. Trotzdem hat die bemannte Raumfahrt eine Zukunft.

VOX, 1.10 Uhr

SPIEGEL TV:
Die lange Nacht des Universums – vom Sputnik bis zum Pathfinder

Im Rahmen des dctp Nachtclub sehen Sie Dokumentationen über die Geschichte der Weltraumforschung. Erfahren Sie Interessantes über die Landung der Sonde Pathfinder auf dem Mars und den Aufbau der Internationalen Raumstation ISS. Gespräche mit Astronauten vervollständigen das Nachtprogramm.

VOX, 1.45 Uhr

Samstag, 30. September

CosmicConnexion

CosmicConnexion ist eine Raumzeitflaschenpost an mögliche Bewohner ferner Galaxien. Verschiedene Beiträge von Regisseuren, Künstlern, Wissenschaftlern und Privatpersonen stellen die Menschheit vor und setzen sich mit unserem Verhältnis zu anderen Sternen und außerirdischen Kulturen auseinander.

arte, 20.40 Uhr

EVENTS

16.9. Am vierten bundesweiten Astronomietag beteiligen sich Sternwarten und andere Einrichtungen. Auf der Internationalen Astronomie-Messe AME 2006 findet unter anderem auch die zentrale VdS-Veranstaltung statt. Treffen Sie dort John Dobson am Spektrum-Stand! Ort: Messegelände, Waldeckweg, 78054 Villingen-Schwenningen.
E-Mail: info@astro-messe.de
Internet: www.astro-messe.de

16.9. Das Planetarium und die Sternfreunde Münster laden an diesem Abend zur Langen Nacht im Naturkundemuseum ein.
Ort: Westfälisches Museum für Naturkunde
Zeit: 18.00 – 24.00 Uhr

21.9.–24.10. 5. Amateur-Teleskoptreffen »mirasteilas« in Falera, Graubünden, Schweiz. Nähere Informationen bei José De Queiroz, Tel.: +41 81921 3048.
E-Mail: teleskoptreffen@mirasteilas.net
Internet: www.mirasteilas.net

22.9.–24.9. 22. ITT – Internationales Teleskoptreffen in Kärnten. Das ITT findet statt auf der Emberger Alm, 9761 Greifenburg, Österreich. Infos: www.itt-astro.de oder per E-Mail: g.riedl@3dbuero.at.
Anmeldung ist nicht notwendig, aber unbedingt Zimmer rechtzeitig reservieren unter +43 4712 796 oder www.alpsat.at.
Weitere Infos: info@teleskop-service.de

22.9.–24.9. 5. Internationales Heide-Teleskoptreffen IHT. Ort: »Camp Reinsehlen« nahe Reinsehlen (Schneverdingen). Info: Astrogarten, Nils Kloth, Eickenscheidtstr. 3, 45886 Gelsenkirchen, Tel.: 0173 5178429
E-Mail: iht@astrogarten.de

22.9.–24.9. 7. Herzberger Teleskoptreffen am Schützen-Vereinsheim bei Uebigau, 90 Kilometer südlich von Berlin. Weitere Informationen: Ralf Hofner, Walther-Rathenau-Str. 4b, 04895 Falkenberg, Tel.: 0176 22837911
E-Mail: info@herzberger-teleskoptreffen.de
Internet: www.herzberger-teleskoptreffen.de

22.9.–24.9. 12. Schwäbisches Amateur- und Fernrohrtreffen Saft. Ort: Roßberg bei Reutlingen-Gönningen. Veranstalter: Sternwarten Albstadt, Reutlingen, Tübingen. Weitere Informationen: Sternwarte und Planetarium, Hartmannstraße 140, 72458 Albstadt-Ebingen (bitte adressierten und mit 0,55 Euro frankierten Rückumschlag beilegen!) oder E-Mail an: saft@sternwarte-reutlingen.de

22.9.–24.9. 6. Almberg-Teleskop-Meeting am Almberg in Mitterfirmiansreut / Bayerischer Wald. Veranstaltungsort: Gasthof »Alpe«. Es kann auch gezeltet werden. Sanitäre Anlagen sind vorhanden. Infos zur Unterkunft erhalten Sie unter Tel.: 08557 96010. Infos zum Treffen unter Tel.: 0171 8802039 oder im Internet: www.aip-passau.de. Postanschrift: Andreas Hattinger, Passauer Str. 10b, 94161 Ruderting

28.9. Eröffnung der großen Sonderausstellung »Abenteuer Raumfahrt. Aufbruch ins Weltall« im Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim (siehe Beihefter). Die Ausstellung dauert bis zum 9.4. 2007 und enthält viele Original-Exponate.
Kontakt: Landesmuseum für Technik und Arbeit, Museumsstraße 1, 68165 Mannheim
Internet: www.raumfahrt-ausstellung.de

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die November-Ausgabe schicken Sie bis zum 13. September 2006 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

7.10.–8.10. Meade Instruments Europe lädt zum Astrotag in Frankurt am Main ein. Die Veranstaltung findet statt im Hotel Dorint Novotel Frankfurt City in der Lise-Meitner-Straße 2, 60468 Frankfurt, jeweils zwischen 10.00 und 18.00 Uhr. Erleben Sie alle neuen Produkte und Zubehörteile aus dem Hause Meade und sprechen Sie vor Ort mit den Experten.
Rückfragen unter Tel.: 02872 8074-150, weitere Infos unter www.meade.de

7.10. Astrocom und Meade Instruments laden ein zum Tag der offenen Tür von 9.00 bis 18.00 Uhr. Ort: Astrocom, Fraunhoferstraße 14, 82152 Martinsried.
Weitere Infos unter www.meade.de

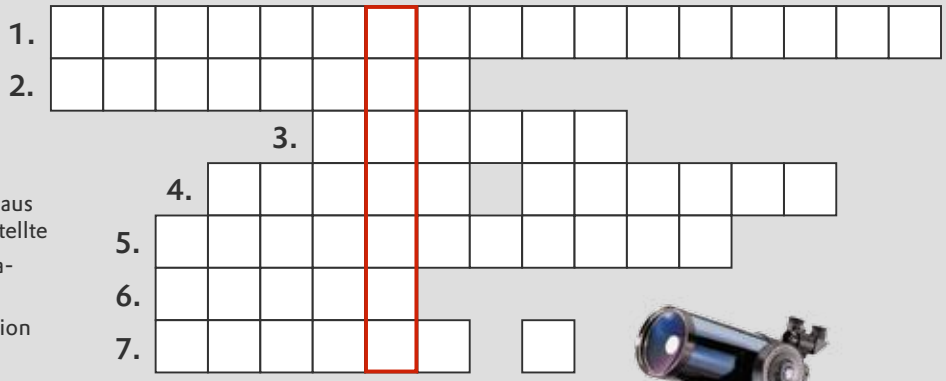
15.10. Tag der offenen Tür in der Robert-Mayer-Volks- und Schulsternwarte Heilbronn von 10.00 bis 18.00 Uhr. Sonderausstellung Shuttle & Co – Aufbruch ins All. Außerdem: Vortrags- und Filmprogramm, Beobachtungen, Kinderraum, Astro-Basar und vieles mehr. Weitere Infos: Robert-Mayer-Volks- und Schulsternwarte Heilbronn e.V., Bismarckstr. 10, 74072 Heilbronn, Tel.: 07131 81299
www.sternwarte.org

17.10. Wiedereröffnung des Zeiss-Planetariums Jena. Nach einem Umbau wird der Projektor vom Typ Universarium VII durch das neue Adlip-System (All Dome Laser Image Projection) ergänzt. Weitere Informationen: www.planetarium-jena.de

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE ein 105-Millimeter-Teleskop! Teil 3

1. Moderne Bauart eines Fernrohrzubehörteils, das dem leichteren Auffinden von Objekten dient
2. Name eines der Nasa-Spaceshuttles
3. Bezeichnung für den Bereich um die Ekliptik
4. Standort einer der Sternwarten, von der aus Edwin Hubble seine Beobachtungen anstellte
5. Deutsche Bezeichnung für einen Planetarischen Nebel im Sternbild Füchschen
6. Astronom, der den Begriff Sternpopulation prägte
7. Rakete, die im Marshall Space Flight Center der Nasa für die Mondflüge entwickelt wurde



Hauptpreis des Superrätsels: »ETX 105«

Vier-Zoll-Reflektor von Meade, www.meade.de

Katadioptrisches Spiegelteleskop der Bauart Maksutow-Cassegrain, Optik UHTC-vergütet, Brennweitenverhältnis f/14. Inklusive Go-to-Computermontierung und Stativ. Gesamtwert zirka 1000 €. Wird verlost unter den richtigen Einsendungen des Superrätsels mit den jeweiligen Lösungsworten aus den Einzelrätseln der Ausgaben Juli/August, September, Oktober und November 2006

1. Preis:

»Space World Weltraum-Panorama«, Kalender 2007 im Großformat 50 x 100 Zentimeter, Drahtbindung. Limitierte Vorzugsausgabe – einzeln nummeriert. Palazzi Verlag, Bremen (www.palazzi-kalender.de). Wert: 89,–€

2.–4. Preis:

»Reiseführer Astronomie«, ein Einsteigerkurs für Sternfreunde von Thomas Weickmann. 232 Seiten mit 138 Farbabbildungen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg (SAV, unter www.elsevier.de). Wert: 32,–€

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 10/2006, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss ist der 6.10. 2006. Dritter Teil einer vierteiligen Rätselreihe. Das Lösungswort dieses Teils wird in der November-Ausgabe für das Lösen des Superrätsels um den Hauptpreis (»ETX 105«) benötigt. Unter den Einsendern der Einzellösung werden weitere Sachpreise gezogen, siehe oben. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der Dezember-Ausgabe, im Handel ab Donnerstag, dem 16. November 2006.

Lösung des Preisrätsels im Juli/August-Heft:

S	T	R	A	H	L	E	N	K	R	A	N	Z
L	A	C	A	I	L	L	E					
		T	O	M	B	A	U	G	H			
Z	I	K	K	U	R	A	T					
			Z	W	E	R	G	G	A	L	A	X	I	E
		T	R	I	T	O	N					
				B	I	N	O	K	U	L	A	R

NEUTRON: elektrisch neutrales Elementarteilchen, das im Verbund eines Atomkerns stabil ist

Gewinner des Juli/August-Rätsels: Verena Sieben, Hückelhoven; Christoph Schneider, Menden; Günter Rudolph, Jena (je ein Buch »Von den Galaxien zu den Sternen«, herausgegeben von Volker Kasten)

PRIVATE KLEINANZEIGEN …

… mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,–€. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Rechnung oder dem Adressträgerblatt.

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise: bis zu drei Zeilen 22,–€
jede weitere Zeile 5,–€

Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer des jeweiligen Hefts.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an:
Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de **Der Einsendeschluss ist vier Wochen vor Erscheinen des Hefts.**

Astronomietage

auf dem Königstuhl in Heidelberg, veranstaltet vom Landgasthof und Hotel »Alter Kohlhof«

Donnerstag, 19. Oktober 2006,
Sonnen-Astronomie mit mobiler Sternwarte

Freitag, 20. Oktober 2006,
Nacht-Astronomie mit mobiler Sternwarte

Samstag, 21. Oktober 2006
Wanderung mit anschließender Führung am Max Planck-Institut für Astronomie auf dem Königstuhl mit möglichen Teleskopbeobachtungen

Vortragender: Joachim Biefang, Begründer der Astronomischen Erlebnisreisen. »Sterne und Weltraum«-Reiseleiter, bekannt durch Fachpresse und Fernsehberichte.

Teilnahmepreis pro Termin und Person 38,50 € Enthalten sind jeweils: Vortrag, Beobachtungen und Kalt-Warmes Buffet , 1 Glas Sekt zur Begrüßung.

Informationen zu den Astronomietagen unter
www.alterkohlhof.de
Telefon: 06221-138310, **Fax:** 06221-1383140
Reservierungen unter e-mail:
alterkohlhof@t-online.de
Öffnungszeiten: Mittwoch bis Sonntag von 11.00 Uhr bis 22.30 Uhr
Oktober bis Ende März,
Montag und Dienstag Ruhetag

Astroshop.de
3000 Artikel - alles online!
www.Astroshop.de

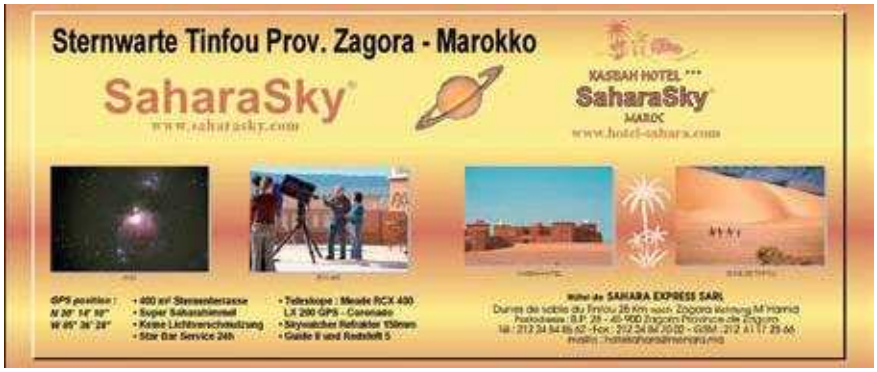
Stand: Juli 2006

Fachhandel für opt.Geräte und Astro-Teleskope
OPTIC MAKARIO
Optische u. feinmechanische Fachwerkstatt
41061 Mönchengladbach Aachener Str. 61
Tel. 02161/17571 www.optik-makario.de
Geprüfte, präzise kollimierte Teleskope
Wir reparieren:
Teleskope, Photo-Objektive, Ferngläser, Mikroskope
Umbau CANON EOS 300D, 350D, 20D u. 5D
und NIKON D50, D70, D100 u. D1
für den Einsatz in der IR-, Nachl.-, und Astrofotografie

ROTSTIFT-ANGEBOTE! JE 2 CD-ROMs von National Geographic anstatt EUR 29,90 jetzt nur EUR 19,90!
- Die Raumfahrt – Aufbruch ins All
- Die Erde – Phänomene unseres Planeten
- Der Kosmos – Geheimnisvoller Weltraum
- Naturgewalten – Klima im Wandel

Weltraum-Versand Stefan Böhle, Connollystr. 29/2, 80809 München, Tel.: 0162 5910355
E-Mail: kontakt@weltraum-versand.de
Internet: www.weltraum-versand.de

Der Marktplatz rund um die Astronomie Hier finden Sie interessante Angebote, die Ihr Hobby noch spannender machen. Sie wollen hier Ihre Produkte anbieten? Setzen Sie sich mit uns in Verbindung – wir beraten Sie gerne! Erkundigen Sie sich auch nach den günstigen Preisen für eine Kombination von Anzeigen in ASTRONOMIE HEUTE und Sterne und Weltraum!



SATTLEGGERS ALPENHOF
EMBERGER ALM
ASTRO- und FAMILIENURLAUB im Herbst und Winter!
Perfekte, klare Nächte warten!
Zwei gut ausgestattete Sternwarten (12" + 17,5") auf 1.800m Seehöhe, viel Platz und ein perfekter Sternhimmel erwarten Sie.
Sattleggers Alpenhof und Ferniensternwarte Emberger Alm 2, 9771 Berg/Drautal, Österreich
Tel.: +43/4712/796, Fax: +43/4712/796-6
www.alpsat.at, mail: office@alpsat.at

Celestron NexStar 5i Go-to-Computerteleskop neuwertig, wenig benutzt mit Zubehör 1250,–€ VB. Baader-Hartholzstativ neuwertig, wenig benutzt f. 5i 350,–€ VB für Selbstabholer, Tel.: 06152 83812
E-Mail: themisto@gmx.de

Großfernglas Astro-Vue neu, von Apogee Inc./USA. 20×100 mm Field 3°, Multi-Coated Optics, BAK-4-Prismen u. Nebelfilter, incl. Stativhalterung u. gepolstertem Alu-Koffer. Preis: 550,–€ VB. Tel.: 03302 200971

TELESKOPSÄULEN

z. B. aus Stahl 220 mm Durchmesser, 1000 mm hoch, pulverbeschichtet 870,–€ incl. MwSt. oder nach Kundenwunsch – www.alumoon.de oder E-Mail: info@alumoon.de

Polhöhenwiege von Astro-Engineering (Megawedge); passend für Meade-Teleskope. Leichte Lackspuren, ansonsten einwandfrei. NP 840,–€, VB 490,–€. Tel.: 089 7607422; E-Mail: pet.thiel@web.de

Star Observer 1/1994 – 12/2004 Jahrgänge komplett, 75 Hefte, neuwertig, 100,–€, Tel: 08571 8770,
E-Mail: herwigb@t-online.de

Dobson und anderes: Dobson »Sky-Watcher« 200/1200 Pyrex 220,–€ nur Abholung (PLZ 14913); 8×25 Winkel-Sucherfernrohr ETX 30,–€; LPI Mond und Planetenkamera (Meade) 120,–€; Weitwinkelokular EBWW f 32,7/70 Grad von BW Optik/CZJ-Militärausführ.130,–€
E-Mail: MatthiasPuhlmann@gmx.de
Tel.: 03372 403809

VORSCHAU

Astronomie auf dem Mars

Der Nasa-Rover Spirit strotzte im Sommer des Roten Planeten vor Solarenergie. Um diese loszuwerden, verbrachte er die Nächte mit Sterngucken

NASA, JPL / CALTECH / CORNELL U.

ILLUSTRATION: CNES / DAVID DUCROS

Europas Planetenjäger

Im November startet der Satellit Corot. Seine Mission: Exoplanten finden

Halbe Krater – voller Spaß

Wie bei einem Amphitheater wird Fracastorius nach Süden hin von einem Hang begrenzt. Die restliche Kraterwand fehlt jedoch – wie häufig auf dem Mond

GIORGIO MENGOLI

MATTHIAS MEIER

Miniatursonnensysteme

Orrerys werden diese mechanischen Wunderwerke genannt – und nur wenige können sie heute noch herstellen

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner, Dr. Joachim Schüring
Ständige Mitarbeit: Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove, Claus Schäfer, Sibylle Franz, Anke Heinzelmann
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Stephanie Hügler, Corinna Karow, Alexander Kerste, Dr. Monika Maintz, Dr. Achim Schneider, Dr. Hans Zekl
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: service@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.com
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck

Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Heidelberg, HRB 338114
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, D-70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70).
Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 4 vom 1. November 2005.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2006 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: New Track Media LLC, 49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA; Publisher: Susan B. Lit; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.; VP of Marketing & Business Development: Marcy L. McCreary. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.